

**ENSAMBLAJE DE PECES DEMERSALES EN LA COSTA NORTE DEL CARIBE
COLOMBIANO DURANTE LA ÉPOCA SECA: UN ENFOQUE ESPACIAL PARA
EL MANEJO DE LOS RECURSOS PESQUEROS**

SEIDY LORENA BENAVIDES BOLAÑO



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA PESQUERA
SANTA MARTA D.T.C.H.
2007**

**ENSAMBLAJE DE PECES DEMERSALES EN LA COSTA NORTE DEL CARIBE
COLOMBIANO DURANTE LA ÉPOCA SECA: UN ENFOQUE ESPACIAL PARA
EL MANEJO DE LOS RECURSOS PESQUEROS**

SEIDY LORENA BENAVIDES BOLAÑO

**Presentación de la memoria de grado como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Pesquero**

Director

Dra. CLAUDIA SÁNCHEZ RAMÍREZ



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA PESQUERA
SANTA MARTA D.T.C.H.
2007**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ing. Juan Carlos de la Rosa Serrano
Director Académico
Programa de Ingeniería Pesquera
Acreditado Por Alta Calidad

M.Sc. Luis María Manjarrés Martínez
Ingeniero Pesquero
Jurado

M.Sc. Juan Carlos Narváez Barandica
Lic. Ciencias Naturales
Jurado

Santa Marta, noviembre de 2007

**Los criterios expuestos y las opiniones expresadas en este
trabajo son responsabilidad del autor y no comprometen a la
Universidad del Magdalena**



DEDICO ESTE LOGRO A:

DIOS, quien ha sido la fuerza motora de mi vida, quien ha guiado cada uno de mis pasos y me da la fortaleza necesaria para seguir cada día y poder superar todas las dificultades.

Mis Padres: Evelio Benavides y Gladys Bolaño, quienes son la razón de mi superación y que han llenado mi vida de amor y comprensión brindándome la oportunidad de pertenecer a una hermosa familia, los amo.

Mi tía Ruth Bolaño: Por todo su apoyo desinteresado, por brindarme la oportunidad de compartir sus experiencias y ser una segunda madre para mí, y darme otra hermana, a las dos las quiero mucho y siempre están en mi corazón.

Mis Hermanas: Mayelis y Evelyn, me alegra que Dios me las hubiera dado como hermanas, siempre estaremos juntas, las quiero mucho.

Alfredo: Eres el amor de mi vida y lo mejor que me ha pasado, gracias a ti he conocido lo que es compartir con otra persona, que es la comprensión, que Dios nos proteja y haga que nuestro amor sea cada vez más fuerte.

Mi sobrino: Juan Andrés Benavides Bolaño, llegaste a nuestras vidas en un momento muy especial, que tu presencia sea fuente de alegría y podamos brindarte todo el amor que tenemos en nuestros corazones.

A mi abuela: Dilia Guerrero, eres como un ángel que ilumina nuestras vidas.

A toda mi familia, abuelos, tíos, primos, siempre han estado conmigo gracias por ser parte de mi vida los quiero mucho.

A Jorge Paramo Granados y Claudia Sánchez Ramírez, por su dedicación y su amistad, personas como ustedes son difíciles de encontrar.

A todos, los que han hecho parte de mi vida, profesores, amigos, compañeros, cada uno de ellos han aportado un grano de arena para que este momento sea realidad.

Agradezco a:

Al M.Sc. Jorge Paramo Granados por todo su apoyo, amistad y la formación que me ha brindado e inyectar en mi el espíritu investigativo y las ganas de seguir estudiando y ser cada día mejores.

Al Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) categorizado A por Colciencias, por brindarme la oportunidad de ser parte de él y poder desarrollar este trabajo.

A las entidades: Universidad del Magdalena, COLCIENCIAS, INVEMAR, INCODER, IRD-Francia, por el apoyo financiero y logístico del proyecto "Las Áreas Marinas Protegidas (AMPs): una herramienta de manejo para las pesquerías demersales en la zona norte del Caribe colombiano" Código

A la Doctora Claudia Sánchez Ramírez, por su amistad, por su apoyo, por hacer posible el desarrollo del proyecto y por cada uno de los consejos brindados.

A los docentes del Programa de Ingeniería Pesquera por todos los conocimientos impartidos, los cuales son un gran tesoro. Mis agradecimientos especiales para el Ing. Pedro Eslava Eljaiek por sus consejos y amistad, no sabe mi gran admiración por usted. Al Ing. Luis Manjarrés Martínez por florecer en mí el amor por la estadística. A los profesores Henry Escobar y Elías Lara, quienes me enseñaron que a pesar de las dificultades, siempre se puede salir adelante. Al Ing. Luis Nieto, es un gran maestro y amigo.

A los M.Sc. Luis Manjarrés y Juan Carlos Narváez por la revisión crítica de este trabajo y todas sus contribuciones para mejorarlo, sin su colaboración este trabajo no podría ser una realidad.

A la Doctora Luisa Espinosa, por toda la colaboración brindada. Al Ing. Mario Rueda por su tiempo y consejo cuando lo necesité.



A todos mis amigos, compañeros de la carrera y del grupo CITEPT Oscar, Lía, Ricardo; cada uno ha aportado una enseñanza a mi vida. A, Indira, Pedro Nel, Jairo, Ana Sofía, Silvana, Javier, Yesid, Fabian, Johanna, Rafael, María, Wilson, Luis, Angélica, Fabián, Francisco, Mauricio, Johan, Luz Elena, Narvick, Nilton, Isabel, Catalina.



TABLA DE CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. ANTECEDENTES	16
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	20
3.1. Aspectos ecológicos	20
3.2. Variables ambientales	22
3.2.1. Temperatura	22
3.2.2. Salinidad	23
3.2.3. Profundidad	23
3.2.4. Corrientes y vientos	24
3.2.5. Sedimento	24
3.3. Medidas de manejo pesquero	25
3.3.1. Enfoque ecosistémico	25
4. OBJETIVOS	26
4.1. General	26
4.2. Específicos	26
5. HIPÓTESIS DE TRABAJO	27
6. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1. Área de estudio	28
6.2. Fase de campo	29
6.3. Fase de laboratorio	31
6.4. Análisis de información	31
7. RESULTADOS	36
7.1. Descripción físico-química del área de estudio	36
7.2. Composición de las especies	39
7.3. Abundancia y biomasa	45
7.4. Distribución espacial de los índices ecológicos	47
7.5. Clasificación de las estaciones y las especies	53
7.6. Ordenación de las estaciones y de las especies	57

	Página
7.7. Relación variable biológica con las variables físico-químicas	59
8. DISCUSIÓN	60
9. CONCLUSIONES	67
10. RECOMENDACIONES	69
11. BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	



LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Abundancia y biomasa por estación de las especies de peces demersales encontradas en los cruceros (1205, 0206) realizados en la costa norte del Caribe colombiano.	40
Tabla 2. Especies ícticas dominante en cada una de las estaciones del crucero 1205 con valores iguales o mayores al 40%.	51
Tabla 3. Especies ícticas dominante de cada una de las estaciones del crucero 0206 con valores iguales o mayores al 40%.	52
Tabla 4. Análisis BIOENV para establecer la relación entre la abundancia de las especies y las variables abióticas observadas en el crucero de diciembre de 2005 (1205).	59
Tabla 5. Análisis BIOENV para establecer la relación entre la abundancia de las especies y las variables abióticas observadas en el crucero de febrero de 2006 (0206).	59



LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Barco de Investigación Ancón, utilizado para las faenas de pesca.	29
Figura 2. Red de arrastre demersal de polietileno (PE) torsionado.	29
Figura 3. Ubicación del área de estudio, mostrando los transectos muestreados durante los dos cruceros realizados en el norte del Caribe colombiano durante la época seca.	30
Figura 4. Mapa sedimentológico de los cruceros 1205 y 0206, con los datos de phi medio.	36
Figura 5. Mapa de profundidad de los cruceros 1205 y 0206.	37
Figura 6. Mapas de contorno de variables ambientales: a) temperatura 1205 b) salinidad 1205 c) temperatura 0206 d) salinidad 0206.	38
Figura 7. Abundancia total (número de individuos) por estación durante el crucero 1205.	45
Figura 8. Biomasa total (kg) por estación durante el crucero 1205.	46
Figura 9. Abundancia total (número de individuos) por estación durante el crucero 0206.	46
Figura 10. Biomasa total (kg) por estación durante el crucero 0206.	47
Figura 11. Distribución espacial del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') durante el crucero 1205.	48
Figura 12. Distribución espacial del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') durante el crucero 0206.	48
Figura 13. Distribución espacial del índice de equitatividad de Pielou (J') durante el crucero 1205.	49
Figura 14. Distribución espacial del índice de equitatividad de Pielou (J') durante el crucero 0206.	50
Figura 15. Distribución espacial del índice de dominancia (d) 1205.	50
Figura 16. Distribución espacial del índice de dominancia (d) 0206.	51
Figura 17. Distribución espacial de la riqueza (S) 1205.	53
Figura 18. Distribución espacial de la riqueza (S) 0206.	53
Figura 19. Clasificación basada en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones muestreadas durante el crucero 1205. Las muestras se unieron mediante el método de ligamiento promedio, a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con datos transformados mediante $\log(x+1)$.	54
Figura 20. Clasificación inversa basada en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones muestreadas durante el crucero 1205. Las muestras se unieron mediante el método de ligamiento promedio a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con datos transformados mediante $\log(x+1)$. *(Ver la especie correspondiente en el Anexo 6).	54

Figura 21. Clasificación basada en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones muestreadas durante el crucero 0206. Las muestras se unieron mediante el método de ligamiento promedio, a partir de una matriz de similaridad de Bray-Curtis con datos transformados mediante $\log(x+1)$.	55
Figura 22. Clasificación inversa basada en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones muestreadas durante el crucero 0206. Las muestras se unieron mediante el método de ligamiento promedio a partir de una matriz de similaridad de Bray-Curtis con datos transformados mediante $\log(x+1)$. *(Ver la especie correspondiente en el Anexo 7).	56
Figura 23. Ordenación por NMDS de las estaciones del crucero 1205 basados en la matriz de similaridad de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.	57
Figura 24. Ordenación por NMDS de las estaciones del crucero 0206 basados en la matriz de similaridad de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.	57
Figura 25. Ordenación por NMDS de las especies del crucero 1205 basados en la matriz de similaridad de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.	58
Figura 26. Ordenación por NMDS de las especies del crucero 1205 basados en la matriz de similaridad de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.	58

RESUMEN

Los peces demersales constituyen uno de los principales recursos pesqueros en el país, por lo que son susceptibles a sobre explotación si no se toman medidas para su manejo. Este estudio se llevó a cabo con el fin de caracterizar ecológicamente los ensamblajes de estos organismos en la costa norte del Caribe colombiano, su distribución espacial y la relación con algunas variables ambientales, a fin de aportar información que sirva como insumo para el establecimiento de medidas de manejo desde un punto de vista ecosistémico. Se llevaron a cabo dos cruceros oceanográficos durante la época seca (diciembre de 2005 y febrero de 2006) entre La Guajira (Puerto Estrella) y el Magdalena (Santa Marta). Por medio de un muestreo sistemático, realizando arrastres a menos de 50 m y entre 50 y 100 m de profundidad, se recolectaron en el primer crucero 2239 peces, correspondientes a 45 especies y para el segundo crucero 23260 peces correspondientes a 68 especies. Los valores más altos de diversidad en los dos cruceros estuvieron entre Bahía Portete y Puerto estrella (índice de Shannon-Wiener , H' entre 2,1 y 3,0). La especie dominante en el primer crucero fue *Lutjanus synagris* (0,3) y en el segundo fue *Haemulon plumieri* (0,4). Los picos de abundancia y biomasa se presentaron en las zonas más cercanas a la costa con profundidades menores de 50 m. El mismo comportamiento se observó con la riqueza (No. de especies) y la diversidad. Por el contrario, la equitatividad en ambos cruceros aumentó en la medida que se aleja de la costa (índice de Pielou entre 0,8 y 0,95). La clasificación por medio de dendrogramas de similaridad y el ordenamiento por medio de un análisis multi-dimensional no mostraron una formación de grupos clara, lo que sugiere que durante esta época existe un solo ensamblaje en toda la zona norte del Caribe colombiano. La correlación de las variables biológicas con las físico-químicas medidas no fue alta; sin embargo, en el primer crucero la mejor explicación fue dada por la profundidad ($r = 0,313$) y en el segundo crucero fue la combinación de 3 variables (profundidad, salinidad y tipo de sedimento: $r = 0,356$). El análisis espacial de las variables ecológicas sugiere que durante la época seca se presenta un ensamblaje con variaciones espaciales en sus características ecológicas, pero que éstas variaciones parecen estar asociadas a factores diferentes o adicionales a las variables ambientales medidas.



1. INTRODUCCIÓN

Una gran diversidad de recursos acuáticos (vertebrados e invertebrados) es explotada por el hombre, fundamentalmente para suplir sus necesidades nutricionales. Generalmente, las artes y técnicas de pesca, principalmente las industriales, son desarrolladas con miras a la captura de un recurso en particular, pero en este proceso surgen dos inconvenientes difíciles de solventar. Por un lado, hay un efecto directo sobre recursos vivos diferentes al objetivo, ya que es imposible evitar la captura acompañante, mucha de la cual es aprovechada para su comercialización (Csirke, 1989). Sin embargo, otras especies que componen esta captura no son importantes comercialmente, pero cumplen una función ecológica crítica en el sostenimiento de las cadenas alimentarias y flujos energéticos de los ecosistemas en donde viven. Por otro lado, también hay un efecto ambiental. Un ejemplo específico es la pesca de arrastre de camarón, la cual tiene efectos directos sobre el hábitat que determinan cambios estructurales en las comunidades de organismos vivos dependientes del fondo marino (Yáñez-Arancibia, 1986). Así, el resultado a largo plazo de métodos de pesca como éste puede ser un desequilibrio de los ecosistemas que conduzca a la pérdida de biomasa de las especies objetivo y al deterioro de las pesquerías (Yáñez-Arancibia, 1986).

Para que pueda existir una productividad pesquera en un espacio y tiempo determinado, se debe remitir a su fuente fundamental que es la diversidad biológica y el estado de los ecosistemas marinos (Bohnsack, 2000). Muchas investigaciones actuales se han centrado en el uso de indicadores ecosistémicos para el manejo de las pesquerías, considerando la función del ecosistema como un componente integral (Cury y Christensen, 2005). Este enfoque conlleva a conocer los organismos que lo componen y comprender su comportamiento en los ecosistemas explotados y su relación entre ellos y el ambiente. Generalmente, por razones científicas, institucionales, filosóficas o logísticas, los factores ecológicos suelen ser omitidos en el manejo de las pesquerías lo que podría ser imprudente,



debido a que en las zonas donde se ejerce la pesca no sólo habitan la especie objeto de captura sino otras especies que son sensibles a esta presión pesquera y a las variaciones ambientales que afectan el equilibrio del ecosistema. Por lo tanto, reconocer la importancia de los procesos ecológicos en la regulación de las poblaciones de peces es un paso clave para alcanzar el manejo de las pesquerías (Link, 2002).

Los peces demersales son uno de los componentes fundamentales de las pesquerías mundiales, siendo importante su explotación como especies objetivo (Labropoulou y Papaconstantinou, 2004), o como fauna acompañante en la pesca de invertebrados como el camarón (Manjarrés *et al.*, 2004; Labropoulou y Papaconstantinou, 2004). En estas pesquerías algunas especies de peces demersales constituyen un valor agregado, ya que no sólo se aprovecha el camarón, sino que dichas especies también son comercializadas (Viaña *et al.*, 2004).

Con base en el hecho que en la actualidad se desea darle a las pesquerías un enfoque ecosistémico (Manjarrés, 1998; Castilla y Defeo, 2005) y en la importancia de los peces como recurso, se hace prioritario el estudio básico de sus comunidades, sus aspectos ecológicos, su composición, su distribución espacial y su relación con las variables ambientales. Considerar los recursos pesqueros como parte integral de un ecosistema implica que éstos se podrán aprovechar más adecuadamente en la medida que se comprenda el medio que los sostiene, ya que todos los componentes se relacionan de una manera u otra (Blanco, 1988).

Entre las variables que son determinantes para caracterizar ecológicamente una comunidad están la abundancia, riqueza, la diversidad, la dominancia, la equitatividad y la similaridad de especies (Margalef, 1992). Estas variables permiten determinar las características de un ensamblaje en un hábitat dado y cómo éstos pueden ser afectados por las condiciones ambientales o por las

relaciones entre las especies que la conforman. Con este conocimiento se pueden dar recomendaciones para llevar a cabo planes de manejo que utilicen herramientas como las áreas marinas protegidas (AMPs), las cuales permiten establecer una pesquería sostenible a largo plazo, proteger la biodiversidad y reducir los conflictos entre los usuarios (Bohnsack, 1998).

Una de las pesquerías más importantes en el Caribe es la sustentada por especies de peces demersales representantes de las familias Lutjanidae y Serranidae (Cervigón *et al.*; 1992; Correa y Manjarrés, 2004). Estas especies también representan un porcentaje importante en la captura incidental en la pesca de arrastre de camarón. Por ejemplo, en el año 2000 dicha captura representó en promedio el 74% ($\pm 5.79\%$) de la captura total en el área norte del Caribe colombiano, por lo que se observa que las poblaciones de estas especies pueden estar siendo afectadas por esta pesquería (Viaña *et al.*, 2004). Además de ser influenciadas directamente, su estructura comunitaria puede estar determinada por los efectos de la pesca sobre los niveles tróficos inferiores. Las especies carnívoras dependen del equilibrio de materia y energía dentro de los ecosistemas, por lo que una modificación en ese flujo tiene consecuencias en la dinámica poblacional, la diversidad de especies y su composición en número (Margalef, 1992).

Colombia no ha escapado a la problemática mundial, a pesar de no registrar variaciones hasta el año 2000 en los desembarcos de peces demersales para la zona de Taganga – La Jorará en el Magdalena (Barros y Manjarrés, 2004), el análisis histórico de los desembarcos de peces demersales en La Guajira muestra una importante disminución en las últimas dos décadas, especialmente de chuchos (*Aetobatus narinari* y *Rhinoptera bonasus*), pargos (*Lutjanus* spp.), meros (*Epinephelus morio* y *Mycteroperca bonaci*) y tiburones en general (Correa y Manjarrés, 2004).

Para implementar estrategias de manejo desde un punto de vista ecosistémico, tales como AMPs, basados en un esquema de pesca responsable, se necesita conocer todos los aspectos que involucran a los ensamblajes (localización, composición, abundancia). Lo anterior contribuiría a determinar como es el verdadero estado de los recursos demersales de la zona norte del Caribe colombiano. Así, este trabajo busca aportar al conocimiento básico de los ensambles de esta región, actualizando y complementando información ya existente, para establecer patrones de distribución y composición y determinar posibles variaciones espaciales en su estructura, producto de la influencia de factores ambientales. Lo anterior puede contribuir al desarrollo de planes pesqueros para la región que permitan desarrollar pesquerías sostenibles minimizando el riesgo de afectar el equilibrio de los ecosistemas.

El trabajo se basó en información obtenida durante el desarrollo del proyecto de investigación: "LAS AREAS MARINAS PROTEGIDAS (AMPs): Una herramienta de manejo para las pesquerías demersales en la zona norte del Caribe colombiano" llevado a cabo por el Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) de la Universidad del Magdalena.



2. ANTECEDENTES

Debido a la importancia de los peces demersales como recursos explotables a nivel mundial, se han efectuado un importante número de trabajos encaminados al estudio de sus ensamblajes, su caracterización ecológica y los posibles cambios espaciales en su estructura. Entre estas investigaciones se encuentran las realizadas en los mares Egeo Septentrional y de Tracio, en Grecia Mediterránea (Labropoulou y Papaconstantinou, 2004), en el Mar Amarillo (Xu y Jin, 2005) y en la desembocadura del río Schuylkill (Pensilvania) (Fairchild *et al.*, 1998), donde se detectaron cambios espaciales en la abundancia. En el primer trabajo fueron atribuidos a la influencia de la variabilidad ambiental y la sobreexplotación pesquera. En el segundo se debió a las variaciones en la abundancia de una sola especie, la anchoveta *Engraulis japonicus*, a causa de la sobreexplotación. Mientras que en el trabajo de Fairchild *et al.* (1998) se debió a la influencia del hábitat, determinando así la composición de especies en diferentes sitios dentro de la desembocadura.

Otros estudios se han encaminado a determinar si las variables que ambientales influyen en la diversidad de los ensamblajes de especies demersales; entre ellos se encuentra el de Colloca *et al.* (2003) en el centro del Mar Mediterráneo, quienes encontraron que se debe principalmente a la relación con los organismos macro-epibentónicos y no a variables ambientales. Por otro lado, en el trabajo de Ungaro *et al.* (1999) se estableció una relación de la diversidad de los ensamblajes con la profundidad en el sur del Mar Adriático, entre 1996 y 1997. En aguas costeras fuera de Sydney se confirmó la variabilidad espacial y temporal de los peces demersales, presentando diferencias notables entre los grupos localizados a una profundidad de 30 y 60 m con aquellos que se encuentran a 100 m (Gray y Otway, 1994).

A partir de pescas experimentales en el Golfo de Leones, se estudió la distribución espacial de ensamblajes demersales y su asociación con la macrofauna del bentos y el tipo de sustrato. La macrofauna explicó el 38% y el sustrato el 19% de la variabilidad total en la organización espacial de los peces grandes. Además, se observó que los peces grandes eran atraídos a zonas productivas asociadas a la pluma del río Rhone o a la surgencia del lugar (Gaertner *et al.*, 1999). Un estudio similar se llevó a cabo en el ecosistema costero en el norte argentino (34°-41°S), encontrándose que la salinidad y la temperatura eran los factores más determinantes en la estructura espacial de las comunidades en cada ambiente (Jaureguizar *et al.*, 2006). Como resultado de 18 campañas de muestreo llevadas a cabo desde junio de 1987 a junio de 1992 en la plataforma continental de Michoacán (México), se concluyó que las condiciones ambientales coadyuvan a determinar la riqueza de las especies marinas en dicha zona (Madrid *et al.*, 1998).

Bianchi (1992a) con base en los datos del R/V "Dr Fridtjof Nansen", colectados en febrero y marzo de 1989 en la plataforma continental y la pendiente superior de Angola (ca 5° a 17°S), estableció la estructura de ensamblajes de especies demersales encontrando que las estratificaciones termales, las cuales se relacionaban con la profundidad, explicaron las agrupaciones principales. En cada estrato de profundidad, el tipo de sedimento y las pendientes latitudinales fueron los factores principales que explicaron la estructura comunitaria. Entre los meses de enero y febrero de 1989 este mismo autor realizó un estudio similar en la plataforma continental y la pendiente superior fuera de Congo y Gabón (aprox. 1° a 5° S). Se encontraron discontinuidades en los organismos más grandes entre la plataforma y la pendiente y en la plataforma entre la parte superior de la termoclina y la inferior, mostrando una correlación positiva con la temperatura. Además, se destacó el papel importante que juegan otros factores, como el sedimento, en la formación de los grupos (Bianchi, 1992b). En general, este autor encontró asociaciones de peces que se relacionaban usualmente con el ambiente físico, el cual estaba generalmente caracterizado por las variables profundidad, salinidad, temperatura, oxígeno y tipo de sustrato (Bianchi, 1992c).



Como se observa, son muchos los factores que pueden influir en la composición de los ensamblajes y, por lo tanto, en la comunidad en la que se encuentran. Teniendo en cuenta la preocupación de conservar el ecosistema y no una especie en particular, se crearon las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) como una alternativa de manejo pesquero. Algunos investigadores se han dedicado a observar los resultados obtenidos en algunos países al establecer AMPs en algunas localidades. Por ejemplo, trabajos realizados en la costa de Tasmania oriental en 1992 y 1993, indicaron cambios en las poblaciones de peces grandes, invertebrados y microalgas desde el primer año, pero el incremento fue estadísticamente significativo solo en la densidad de erizos de mar y el tamaño de las oreja marina (Edgar y Barret, 1997). Se monitorearon las reservas y los sitios adyacentes a ellos, encontrando que todas las poblaciones aumentaron significativamente dentro de la reserva con relación a sitios de referencia externos y que la eficacia de reservas marinas correspondía con el tamaño de las mimas (Edgar y Barret, 1999). En el noreste de Nueva Zelanda se estudiaron dos reservas marinas, Leigh Marine Reserve (establecida en 1975) y Tawharanui Marine Park (establecida en 1982) evidenciándose un incremento en la productividad primaria y secundaria como consecuencia de la protección de estas áreas (Babcock et al., 1999). En Nueva Escocia, (Canadá) también se encontraron cambios en las comunidades después del cierre de un área para la protección de algunas especies (Fisher y Frank, 2002). En Filipinas se han designado desde 1980 aproximadamente 400 zonas como AMPs y se ha reconocido que las AMPs no han fallado en el resultado de incrementar el rendimiento de las pesquerías, pero aseguran que pueden haber casos en que los incrementos tomen un tiempo más largo que otros, lo que puede ser atribuible al poco tiempo de la AMP, polución, acumulación de arena, trabajos de minería en las áreas adyacentes o eventos naturales como "El Niño" (Eisma et al., 2005).

En Colombia son pocos los estudios que se han realizado para evaluar variables ecológicas de las comunidades de peces demersales, enfocados a las pesquerías. Entre éstos se encuentra el realizado en el golfo de Salamanca (zona

sur del Caribe colombiano), durante el cual se llevaron a cabo cuatro cruceros y se abarcaron las diferentes épocas climáticas de la región, estableciéndose la presencia de dos ensamblajes distintos determinados por la profundidad: uno en la plataforma continental y otro en la pendiente superior. Además, se sugirió la presencia de una estructura comunitaria conformada en parches espaciales y temporales (García *et al.*, 1998).

Otro estudio, el cual se usó como referencia para este proyecto de investigación, es el de Manjarrés (1998), quien realizó la caracterización ambiental, ecológica y biológico-pesquera de las asociaciones de peces demersales del Caribe colombiano norte, con énfasis en pargos (Lutjanidae). Para cada época climática se identificaron algunas asociaciones de peces, aún cuando se observaron marcados cambios estacionales en estas asociaciones. Con respecto a la distribución geográfica de las asociaciones de especies, la alta variabilidad espacial determinó una comunidad heterogénea. Sin embargo, las correlaciones entre el patrón biótico y las condiciones ambientales no fueron muy marcadas; ésto, sumado a las migraciones detectadas en el caso de las principales especies de lutjánidos, indicó que, a una escala de tiempo menor los factores biológicos también pueden afectar la estructura y composición de las asociaciones. Los resultados de Manjarrés (1998) sirven como punto de referencia para determinar patrones biológicos y comunitarios en el área de interés. Aún cuando en el presente trabajo se pretende realizar muchos de los análisis biológicos y ecológicos llevados a cabo por este autor, hay una variación del diseño de muestreo, de aleatorio (Manjarrés, 1998) a uno sistemático (este trabajo), el cual involucra la correlación espacial en las variables medidas y una mayor cantidad de estaciones observadas para la época seca, de manera que sea viable ampliar el conocimiento existente con miras a proveer mayor información de interés para el aprovechamiento de los recursos pesqueros de la región.



3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Dentro de la ecología, existe una gran cantidad de terminología que debe ser aclarada para establecer los puntos de referencia que enmarcan este trabajo. A continuación se presentan los conceptos más relevantes que definen el marco teórico del presente trabajo.

3.1. Aspectos ecológicos

Un sistema es considerado un conjunto de cosas u objetos estrechamente relacionados entre sí, de una manera que juntos forman una unidad de trabajo que funciona como un todo. Un ecosistema consta de componentes vivos, naturales y tienen una relación a través de la distribución, la diversidad y la superposición de nicho (Yáñez-Arancibia, 1986).

La ciencia encargada del estudio de la estructura y función del ecosistema es la ecología, la cual se considera como el estudio científico de las interacciones bióticas y abióticas que regulan la distribución y abundancia de los organismos (Krebs, 2000). El estudio de la estructura incluye aspectos de la composición de las comunidades bióticas (riqueza de especies, diversidad, abundancia, distribución y ciclos biológicos), la cantidad y distribución de materiales abióticos (nutrientes, sedimentos, agua), y el rango o gradiente de las condiciones ambientales. Por otro lado, la función incluye aspectos de la tasa de flujo de la energía a través del ecosistema (estructura trófica), tasa de los ciclos biogeoquímicos y el papel biológico y ecológico de los organismos en la regulación del sistema, estableciéndose las interacciones físicas y biológicas que son recíprocas (Yáñez-Arancibia, 1986).

Con relación a los peces, se puede identificar dos grandes grupos ecológicos: el dominio pelágico y el dominio bentónico. Comparado con el dominio pelágico, el bentónico (peces que viven en el fondo ó peces demersales) es mucho más variado y no se pueden resumir sus características. Además, el grupo bentónico constituye una comunidad más madura y compleja, ya que está sujeto a menores

fluctuaciones naturales del medio (Cervigón, 1972). La diversidad específica es ordinariamente mayor que en la comunidad pelágica, pero las diferencias, por ejemplo, entre un arrecife de coral y un fondo arenoso son muy claras (Cervigón, 1972).

Hay varios descriptores biológicos y ecológicos que se utilizan típicamente para caracterizar las asociaciones de organismos vivos. Entre ellos, los ensamblajes están definidos como todas las especies de peces en un área determinada o dentro de una comunidad sin considerar si entre ellos hay interrelación ó no (Ungaro *et al.*, 1999), pero que se encuentran relacionados filogenéticamente (Fauth *et al.*, 1996).

Entre las principales variables ecológicas a medir se encuentran:

La abundancia de organismos, que puede ser medida en tres formas: i) número de individuos en una población; ii) número o peso total de los individuos por unidad de espacio (densidad absoluta) y iii) densidad de una población en relación a otra (densidad relativa) (Tresierra y Culquichicón, 1993). Para este trabajo se estableció la abundancia de los organismos como el número de individuos en una población. El tamaño de una población puede estar expresado por el número total o peso total de los individuos (biomasa). Esta última puede ser expresada en peso vivo o peso húmedo. La densidad bruta o cruda es el número de individuos (o biomasa) por unidad de espacio, mientras que la densidad ecológica es el número de individuos (o biomasa) en relación al área disponible que puede ser colonizada por la población (Tresierra y Culquichicón, 1993).

La diversidad de especies o biodiversidad puede determinarse considerando como parámetros la riqueza de especies y la heterogeneidad. La riqueza puede determinarse realizando un conteo de las especies confinadas en un área determinada, (Ville, 2003). La heterogeneidad espacial evalúa la abundancia de las distintas especies en diferentes regiones. Algunos investigadores consideran que la mayor o menor diversidad que existe en una determinada región está dada

por factores tales como: época, heterogeneidad espacial, competencia, predación, estabilidad ambiental y productividad (Ville, 2003). Es posible observar que no todas las especies revisten igual importancia en cuanto a determinar las características de la comunidad. Las especies dominantes son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies vinculadas con ellas (Krebs, 2000).

3.2. Variables ambientales

Diversos factores fisicoquímicos del ambiente acuático, como temperatura, salinidad, oxígeno, entre otros, tienen considerable influencia en la distribución de los peces (Cervigón, 1972); por lo tanto, es importante caracterizar las diferentes variables que pueden intervenir en la composición, estructura y función de las comunidades demersales.

3.2.1. Temperatura

Los peces buscan y seleccionan una cierta combinación óptima de condiciones físicas y biológicas en el ambiente. Los stocks de peces tienen una temperatura óptima específica, la cual es necesario conocer para la predicción de las concentraciones de peces y su abundancia estacional (Tresierra y Culquichicón, 1993). La desigual absorción de las radiaciones caloríficas es el motor fundamental de la circulación atmosférica y oceánica y su importancia es enorme en la distribución de los organismos (Cervigón, 1972). Los cambios de temperatura pueden actuar en los peces de varias formas: como un estímulo nervioso, como un modificador de los procesos metabólicos y como un modificador de la actividad corporal (Tresierra y Culquichicón, 1993). Por lo tanto, pueden interferir fuertemente en los cambios estructurales y espaciales de los ensamblajes.



3.2.2. Salinidad

La mezcla de diferentes minerales en solución es muy favorable y muchas veces indispensable para los procesos biológicos en los organismos acuáticos. Además de elementos y minerales inorgánicos, el agua marina contiene numerosas sustancias orgánicas en solución originadas por procesos biológicos de producción y descomposición que, a su vez, juegan un papel importante en la biología de todos los organismos que habitan este medio (Wedler, 1998). Las variaciones de la salinidad en aguas oceánicas son mínimas, pero en aguas costeras varía por efecto de las aguas de los ríos. Esas variaciones afectan las regulaciones osmóticas (Tresierra y Culquichicón, 1993) convirtiendo a la salinidad en uno de los principales factores que determinan la distribución de las especies oceánicas y litorales (Cervigón, 1972).

3.2.3. Profundidad

La profundidad media de los océanos es de unos cuatro o cinco kilómetros que comparados con los miles de Km. que abarcan nos hacen ver que son delgadas capas de agua sobre la superficie del planeta. Pero la profundidad es muy variable dependiendo de la zona. Se reconocen las siguientes (Echarri, 1998):

-Plataforma continental.- Es la continuación de los continentes por debajo de las aguas, con profundidades que van desde 0 metros en la línea de costa hasta unos 200 m. Ocupa alrededor del 10% del área oceánica. Es una zona de gran explotación de recursos petrolíferos, pesqueros, etc.

-Talud.- Es la zona de pendiente acentuada que lleva desde el límite de la plataforma hasta los fondos oceánicos.

-Fondo oceánico. Con una profundidad de entre 2000 y 6000 metros, ocupa alrededor del 80% del área oceánica.

-Cadenas dorsales oceánicas.- Son levantamientos alargados del fondo oceánico que corren a lo largo de más de 60 000 Km.

-Cadenas de fosas abisales.- Son zonas estrechas y alargadas en las que el fondo oceánico desciende hasta más de 10 000 m de profundidad en algunos puntos.

Dependiendo de la profundidad se da la penetración y la intensidad de la luz solar. La luz influye sobre la morfología y la anatomía o estructura de los organismos, ocasionando cambios que les permiten adaptarse y poder ocupar diferentes profundidades; por lo tanto, esta intensidad luminosa y a su vez la profundidad también influye en la distribución de los organismos (Cifuentes et al., 1987).

3.2.4. Corrientes y vientos

Muchas causas pueden ser tomadas en consideración para la formación de las corrientes; entre ellas se encuentra el viento y la distribución de la densidad del agua, siendo la más importante el viento, el cual es considerado la fuerza motriz de las corrientes (Cervigón, 1972). Es difícil observar en condiciones naturales la conducta de los peces en las corrientes. Sin embargo, es probable que ésta se vea afectada en los siguientes aspectos (Tresierra y Culquichicón, 1993):

- ✓ La distribución de los peces adultos, debido a que las corrientes puedan directa o indirectamente agregar o concentrar alimento.
- ✓ Las corrientes pueden afectar las propiedades naturales del ambiente y así indirectamente determinar la abundancia de cualquier especie y los límites de su distribución geográfica.

3.2.5. Sedimento

El conocimiento de la dinámica costera debe incluir estudios relacionados con la oceanografía de toda el área marina adyacente, el comportamiento de la región en general y la sedimentología actual e histórica (Molina *et al.*, 1994). Al ser el sedimento parte fundamental de los procesos que suceden en el fondo de los océanos, es necesario conocer cómo está constituido (Molina *et al.*, 1994). La naturaleza del sedimento es determinada por la interacción compleja de un gran número de factores que son clasificados en cuatro categorías (Buchanan, 1984):

- 1) Factores que determinan la fuente y suministro de material sedimentario.
- 2) Factores que determinan el transporte.
- 3) Factores que determinan la deposición.
- 4) Cambios post- deposición de origen principalmente biogénico.

3.3. Medidas de manejo pesquero

A nivel mundial se habla de una sobreexplotación de los recursos y el colapso de muchos stocks pesqueros, lo cual se puede interpretar como fallas en el manejo de la sostenibilidad de los recursos (Steele y Hoagland, 2003). Se ha afirmado que medidas tales como la talla mínima de captura (TMC), la disminución del esfuerzo pesquero y la implementación de vedas y cuotas no han sido eficientes para lograr un equilibrio en las pesquerías (Roberts, 1997).

Una tarea difícil ha sido encontrar medidas de manejo que no se vean influenciadas o que sus decisiones no sean motivadas, como en la actualidad, por razones económicas, sociales y políticas (Ludwing *et al.*, 1993). De ahí surgen como alternativa las Áreas Marinas Protegidas (AMPs), las cuales son una importante herramienta para el manejo sostenible del recurso pesquero y del hábitat, desde una perspectiva ecosistémica (Bohnsack, 1994; Christie *et al.*, 2003).

3.3.1. Enfoque ecosistémico para el manejo de las pesquerías

Actualmente se considera necesario tener un enfoque precautorio para diseñar diferentes estrategias de manejo que reduzcan el riesgo de sobreexplotación de la biodiversidad (Hilborn *et al.*, 2004) y aplicar un enfoque ecosistémico para el manejo de las pesquerías (Cury y Christensen, 2005; Cury *et al.*, 2005a, b; Garcia y Cochrane, 2005). El enfoque ecosistémico para el manejo de recursos pesqueros tiene como objetivos planear, desarrollar y manejar las pesquerías considerando las múltiples necesidades y deseos de las sociedades, sin negarle a las futuras generaciones los bienes y servicios que le brindan los ecosistemas marinos. El enfoque ecosistémico para el manejo de las pesquerías plantea balancear diversos objetivos sociales, teniendo en cuenta el conocimiento e incertidumbre acerca de los componentes bióticos, abióticos y humanos de los ecosistemas y sus interacciones, aplicando un enfoque integrado a las pesquerías dentro de límites ecológicos, protegiendo y conservando la estructura del ecosistema (FAO, 2003).



4. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluar la distribución espacial de la composición y estructura del ensamblaje de peces demersales de la costa norte del Caribe colombiano en la época seca, y su relación con las variables ambientales, a fin de aportar información que sirva como insumo para el establecimiento de medidas de manejo desde un punto de vista ecosistémico.

4.2. Específicos

Determinar las especies que componen el ensamblaje de peces demersales en la costa norte del Caribe colombiano en la época seca.

Evaluar algunas características ecológicas (riqueza de especies, diversidad, dominancia, equitatividad, similaridad) del ensamblaje y determinar su distribución espacial a lo largo de la costa norte del Caribe colombiano.

Determinar la relación entre la variable biológica (abundancia) y las variables abióticas evaluadas (profundidad, temperatura, salinidad, tipo de sedimento).



5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Para el desarrollo del trabajo se tuvo en cuenta dos hipótesis.

- 1) El ensamblaje de peces demersales en la costa norte del Caribe colombiano presenta variaciones espaciales durante la época seca en algunos aspectos ecológicos (composición, riqueza, diversidad, dominancia, equitatividad y similaridad).
- 2) Las variaciones si se presentarán están relacionadas con condiciones ambientales como: temperatura, salinidad, profundidad y tipo de sedimento.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El área de estudio corresponde a la zona norte del Mar Caribe colombiano, desde Puerto Estrella (Guajira) ($71^{\circ} 22,3' W$ y $12^{\circ} 23,1' N$) hasta Santa Marta (Magdalena) ($74^{\circ} 14,2' W$ y $11^{\circ} 14,7' N$). Para el proyecto se realizaron dos cruceros de investigación pesquera, el primero en diciembre de 2005 (AMP 1205) y el segundo en febrero de 2006 (AMP 0206), cada uno por un periodo de 11 días.

El Caribe colombiano está influenciado por la circulación atmosférica de los vientos alisios, tributarios de los centros anticiclónicos del Atlántico nororiental (Pujos et al., 1986). El régimen climático está bajo la influencia de los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Cuando la ZCIT se encuentra más hacia el sur (estación seca), las altas presiones hacen que los alisios soplen del noreste de manera constante y fuerte (Pujos et al., 1986; Blanco, 1988). Durante el mismo periodo, la corriente del Caribe se desplaza hacia el oeste. Al acercarse a las costas de Panamá, ésta corriente se desvía hacia el sur y después al este, así se establece la contra-corriente, que se desplaza a lo largo de las costas colombianas. Cuando la ZCIT está más hacia el norte (estación húmeda), las bajas presiones hacen que los alisios cambien por vientos de poca fuerza y de dirección variable bajo la influencia de esta ZCIT inestable. Estos dos regímenes favorecen la extensión y el incremento de la contra-corriente procedente del Golfo de Panamá hacia el noreste (Pujos et al., 1986); el alcance de ésta contracorriente depende de las estaciones.

La zona norte del Caribe colombiano (desde La Guajira hasta Santa Marta), está influenciada directamente por la corriente Caribe y por la surgencia estacional de aguas profundas que están presentes durante la estación seca cuando los vientos alisios están en plena actividad (verano mayor: mediados de diciembre-abril; verano menor: julio mediados de agosto). En las estaciones húmedas (invierno

menor: mayo-junio; invierno mayor: septiembre-noviembre) se percibe la contracorriente que al parecer llega incluso hasta el Cabo de la Vela en La Guajira (Bula, 1990). Este trabajo se llevó a cabo durante la época seca (Diciembre 2005 y Febrero 2006), cuando los alisios están en plena actividad afectando el área de estudio. En el Caribe colombiano, al norte de la Península de La Guajira la plataforma continental es muy estrecha, presentando el contorno de los 200 metros (m) a unas 10 millas náuticas (mn) de la costa y frente a Punta Gallinas a solo una 3 mn. Hacia el oeste, desde el Cabo de la Vela la plataforma se ensancha y alcanza un máximo de unas 25 mn frente a Riohacha, luego en inmediaciones del río Palomino vuelve a reducirse y prácticamente desaparece en el sector del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y Santa Marta (Anon, 1989; Quintero, 1992; Alvarez-León et al., 1995).

6.2. Fase de campo

Se realizaron faenas de pesca a bordo del B/I Ancón (embarcación propiedad del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras de Punta Betín, INVEMAR, (Figura 1), utilizando una red de arrastre demersal (Red de polietileno – torsionado), de 20.6 m. de relinga superior y 25.6 m. de relinga inferior; de 4 tapas, con una longitud total de 28.5 m (Figura 2).



Figura 1. Barco de Investigación Ancón, utilizado para las faenas de pesca.



Figura 2. Red de arrastre demersal de polietileno (PE) torsionado.

Se realizó un muestreo sistemático, con 19 transectos paralelos entre sí y perpendiculares a la costa, espaciados 10 millas náuticas (mn) (Figura 3). Se realizaron tres arrastres por transecto para los estratos de profundidad: ≤ 50 m; 50-100 m, efectuando inicialmente un reconocimiento del área arrastrable mediante la ecosonda científica SIMRAD EY500 (Anexo 1), con transductor de 120 kHz (Anexo 2) y, un GPS FURUNO GP-3100 MARK-2 (Anexo 3), durante 30 minutos. Una vez identificado el fondo se inició el arrastre de pesca comprobatoria durante 15 minutos, tiempo determinado de acuerdo a trabajos recientes de prospecciones pesqueras (Folmer y Pennington, 2000). Se tomó la información oceanográfica (temperatura, salinidad y profundidad) mediante un CTD (Anexo 4) y la sedimentológica con una Draga Van Veen, con una cobertura de área de 0.07m^2 y un peso aproximado de 50 kg. (Anexo 5). En el primer crucero (1205) hubo un total de 29 estaciones y en el segundo (0206) un total de 48 estaciones.

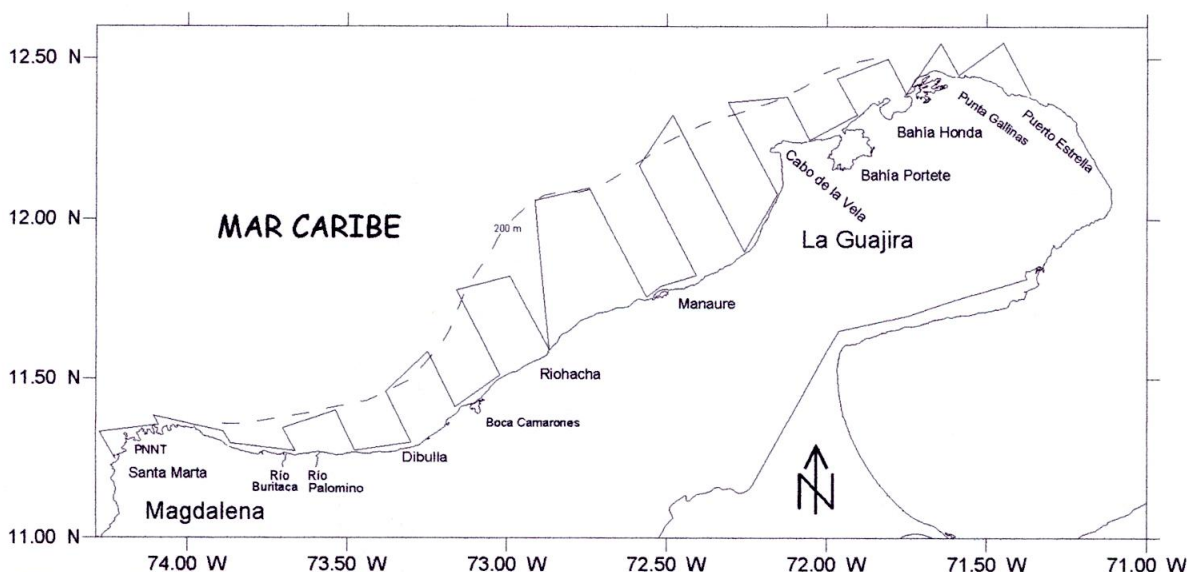


Figura 3. Ubicación del área de estudio, mostrando los transectos muestreados durante los dos cruceros realizados en el norte del Caribe colombiano durante la época seca.



6.3. Fase de laboratorio

Para determinar la composición del ensamblaje de peces se usaron guías especializadas (Cervigón et al., 1992, Carpenter, 2002, Nelson, 2006) hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los peces capturados en las pescas comprobatorias se separaron por especie, tomando los siguientes datos: Posición geográfica de captura (latitud y longitud), longitud total del pez (LT), longitud estándar (LS), peso total (PT), sexo y estado gonadal (EG). La información se registró en un formulario biológico. Los individuos que no fueron analizados en el barco se conservaron en hielo y se llevaron al laboratorio del Centro Planta Piloto Pesquera de Taganga (C.P.P.P.T) para la respectiva toma de datos. Los datos colectados y registrados en los formularios biológicos, se almacenaron en una base de datos en Excel. Con la muestra sedimentológica se estableció el tipo de sustrato en cada estación, a través del valor phi medio (tamaño medio del grano) para cada una de las muestras, realizando una curva acumulativa en base a los valores de cada uno de los porcentajes retenidos. En esta curva se hallaron los valores $\Phi 16$, $\Phi 50$ y $\Phi 84$ (corresponde al valor phi en la curva acumulativa para 16%, 50%, 84%, respectivamente), se sumaron y se dividió entre tres, obteniéndose así el phi medio. Los valores de phi medio de -1 a 0 equivalen a arena muy gruesa, de 0 a 1 arena gruesa, de 1 a 2 arena mediana, de 2 a 3 arena fina, de 3 a 4 arena muy fina, y los valores mayores de 4 a los lodos.

6.4. Análisis de la información

Se determinó para ambos cruceros la abundancia promedio +/- la desviación estándar y la densidad (biomasa/área arrastrada) para disminuir el sesgo provocado por la diferenciación en el número de estaciones entre los dos cruceros. Se usó el programa PRIMER5 para los análisis univariados y multivariados tendientes a determinar los índices ecológicos y las características de los ensamblajes demersales en el área de estudio.

Índices ecológicos:

- ✓ **Índice de Shannon & Wiener:** Determina un parámetro de diversidad, integrando la riqueza y abundancia como sus componentes. Está definido por (Ludwing y Reynolds, 1988):

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=N} \frac{n_i}{N} * \ln \frac{n_i}{N}$$

Donde,

n_i = número de individuos de cada especie.

N = Número total de individuos de todas las especies.

- ✓ **Índice de equitatividad de Pielou:** Determina un parámetro de uniformidad de las especies. Este índice expresa la diversidad H' relativa al máximo valor que H' puede alcanzar cuando todas las especies en la muestra son perfectamente equitativas con un individuo por especie (Pielou, 1975, 1977, Godínez-Domínguez y González-Sansón, 1999). Así, está definido por:

$$J = \frac{H'}{H_{\text{máx}}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde,

$\ln S$ = Valor máximo de H'



- ✓ **Índice de dominancia de Berger Parker:** Determina la dominancia de las especies de acuerdo con su abundancia relativa respecto a todas las especies encontradas (Magurran, 1988).

$$d = N_{\text{max}}/N$$

Donde,

N_{max} = número de individuos en la especie más abundante

N = número total de individuos.

Distribución espacial

La distribución espacial de los diferentes índices encontrados se realizó con la interpolación del programa Golden Software Surfer 8., el cual tomó los datos georeferenciados obtenidos para los diferentes índices, los ubicó y realizó una interpolación con el método de Kriging en las zonas no muestreadas después de realizar un blanqueo para las zonas en las que no se deseaba obtener información.

Análisis multivariados

Método de clasificación

Las técnicas de clasificación automática tienen por objeto encontrar la posible "Agrupación natural" de las muestras, descrita por un cierto número de variables, donde las muestras de un grupo son más similares entre sí, que con las muestras de otro grupo (Crisci y Lopez, 1983).

✓ Análisis cluster:

Para determinar si existió una clasificación entre las muestras (estaciones y especies), se llevó a cabo un análisis de clasificación. Se utilizó la similitud de Bray Curtis para generar la matriz de similitud, utilizando la técnica de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA) (Field et al., 1982; Ludwig y Reynold, 1988; Clarke y Warwick, 2001). Los datos se transformaron logarítmicamente ($\lg_{10}(x+1)$), con el fin de ponderar la contribución de las especies comunes y raras en el análisis (Clarke y Warwick, 2001).

Coefficiente de similaridad de Bray-Curtis: la similaridad entre un par de especies puede ser definida en una vía análoga a la de la muestra, pero a su vez incluye la comparación de la i-ésima y l-ésima fila (especies), contra todas las muestras, o la comparación de diferentes muestras o estaciones, según sus respectivas composiciones por especie (Clarke y Warwick, 1994). Uno de los principales coeficientes de similaridad utilizados en ecología para la elaboración de las matrices de similaridad es el coeficiente de similaridad de Bray-Curtis (Ludwig y Reynolds 1988), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Bray-Curtis} = \sum |Y_{ij} - Y_{ik}| / \sum (Y_{ij} + Y_{ik})$$

Dónde,

Y_{ij} = anotación en la fila (especie) y columna (muestra) j -ésima de la matriz de datos.

Y_{ik} = anotación en la especie i -ésima y la muestra de k -ésima.

Se elaboró una matriz de similaridad con los datos transformados mediante $\log_{10}(x+1)$.

Método de ordenación

Las técnicas de ordenación son una clase de técnica multivariada que sitúa elementos o unidades de análisis en orden. El rasgo más común de los métodos de ordenación es que una matriz compleja (normalmente las filas corresponden a las especies, las columnas corresponden a los sitios de muestreos, y la entrada de celdas corresponde a la abundancia de cada especie en cada uno de los sitios) es reducida a un número pequeño de gradientes ortogonales (Jongman *et al.*, 1987).

✓ Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS):

Las escalas no-métricas multidimensionales (NMDS) proporcionan una manera de tratar problemáticas de distribuciones adyacentes de abundancias (Kruskal, 1964). Para establecer la relación espacial del ensamblaje durante la época seca, se realizó un análisis de ordenación por el método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), basado en una relación no lineal entre las similitudes y las distancias en el plano cartesiano (Field *et al.*, 1982; Ramírez, 1999). Se graficó un mapa de puntos que delimita el espacio bidimensional donde los componentes se sitúan, obteniendo la configuración final que presentó el menor nivel de estrés entre 9999 iteraciones (Clarke y Ainsworth, 1993; Clarke y Warwick, 2001).



BIOENV

Para evaluar cuál fue la combinación de variables que mejor explicó la variación espacial en la estructura comunitaria se siguió la aproximación dada por Clarke y Ainsworth (1993), a través del BIOENV. El BIOENV calcula una serie de coeficientes de correlación entre la matriz de similitud biótica creada en la ordenación y la matriz ambiental derivada de la combinación secuencial de las variables medidas, usando la correlación armónica de Spearman o la de Kendall. El coeficiente máximo obtenido de todas las posibles combinaciones indica que esa combinación es la que mejor explica el esquema biológico obtenido en el ordenamiento y clasificación (Clarke y Ainsworth, 1993).



7. RESULTADOS

7.1. Distribución espacial de las variables físico-químicas

La zona norte del Caribe colombiano está conformada en su parte sedimentológica principalmente por arena, presentando un mayor porcentaje de arena mediana (50% aprox.), pequeños porcentajes de lodo (15% aprox.) y sin presencia de grava. Las arenas medias fueron localizadas en la parte central de La Guajira, Riohacha y Manaure (color morado), mientras que para la parte norte y sur de La Guajira y hacia de Santa Marta, se encuentran desde las arenas finas (amarillo) hasta los lodos (azul) (Figura 4).

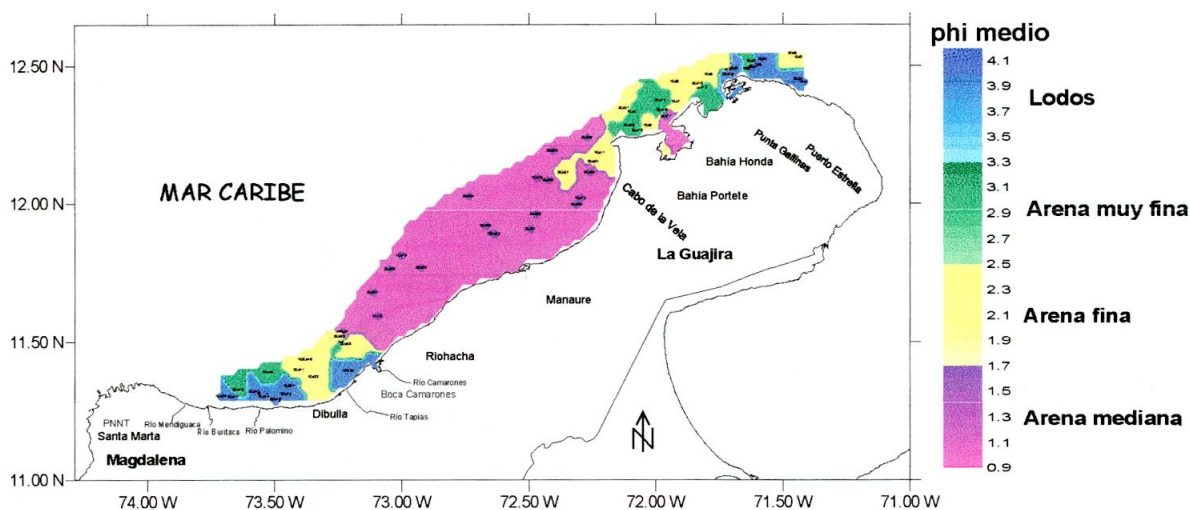


Figura 4. Mapa sedimentológico de los cruceros 1205 y 0206, con los datos de phi medio.

En la Figura 5 se muestran los veriles de profundidad durante los dos cruceros de investigación. Al norte de la Península de La Guajira la plataforma continental es muy estrecha; desde el Cabo de la vela empieza a ensancharse hasta el río palomino, donde vuelve a acercarse a la costa. Durante el crucero 1205 se registró una temperatura promedio de 22.7°C ($\pm 1.0^{\circ}\text{C}$) que fue más baja que la registrada durante el crucero 0206 ($23.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$). Para el crucero 1205 los valores mas bajos de temperatura (21 a 22°C) se localizaron en las zonas alejadas de la costa, con múltiples valores de temperatura en la zona de Dibulla, y con los veriles de temperatura con variaciones a través de toda la zona norte (Figura 6a); para el



crucero 0206 los veriles de temperatura son más estables, con las temperaturas más bajas en las zonas más alejadas de la costa (21 a 22°C) (Figura 6c). Con relación a la salinidad, tanto el crucero 1205 como el crucero 0206 presentaron un promedio de 36.8 ± 0.03 . Para el crucero 1205 (Figura 6b) la salinidad presentó el mismo comportamiento que la temperatura, con un incremento en la variabilidad en la zona de Dibulla. Para el crucero 0206 (Figura 6d) los veriles tienden a agruparse en la zona sur de La Guajira y con pocos movimientos en la zona de Manaure, observándose variaciones en el comportamiento de la salinidad a través de toda la zona.

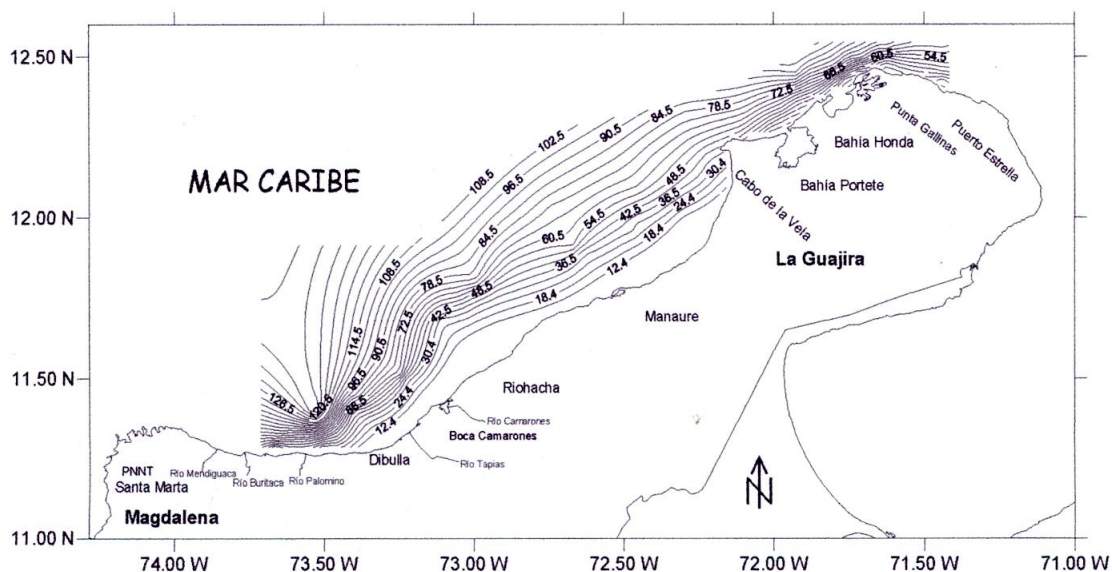


Figura 5. Mapa de profundidad de los cruceros 1205 y 0206.



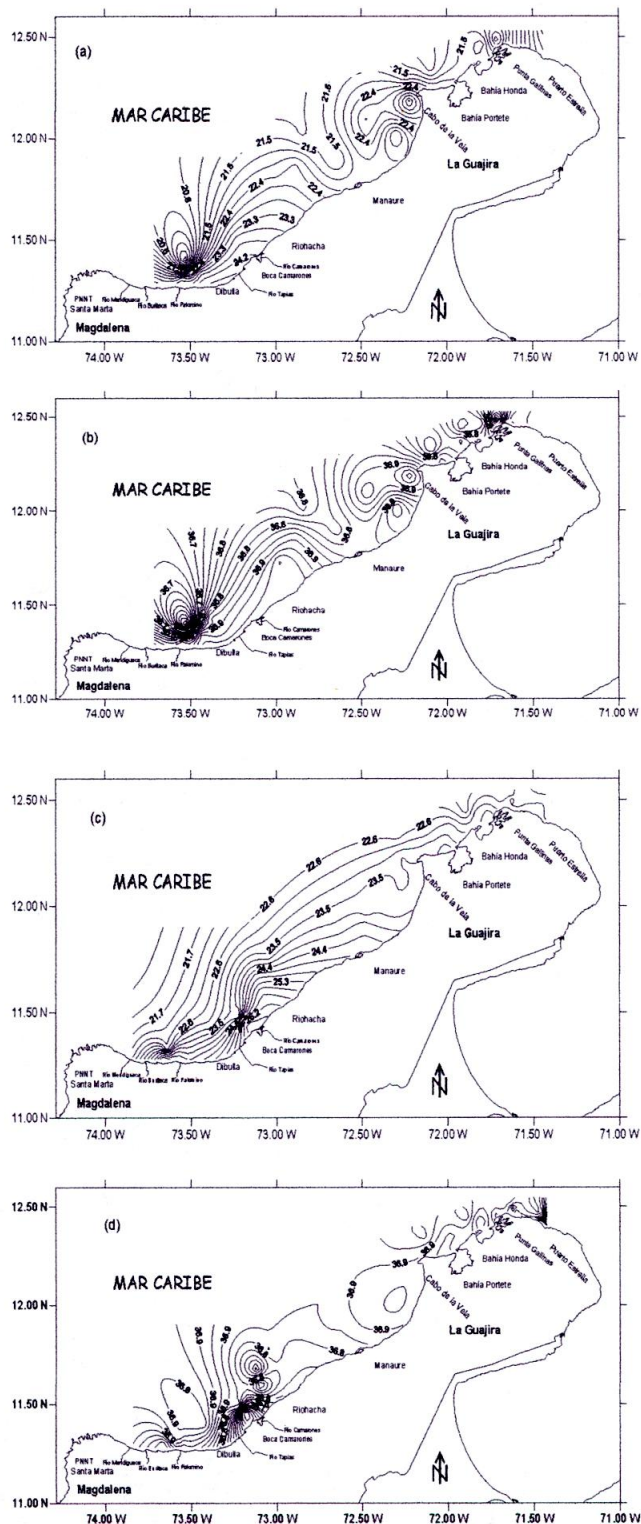


Figura 6. Mapas de contorno de variables ambientales a) temperatura 1205 b) salinidad 1205 c) temperatura 0206 d) salinidad 0206.

7.2. Composición por especie

Teniendo en cuenta los dos cruceros, se recolectaron en total 25.499 peces demersales pertenecientes a 84 especies y 34 familias. Treinta especies se observaron en ambos cruceros; 15 especies se presentaron únicamente durante el primer crucero y 38 especies únicamente en el segundo (Tabla 1). En el crucero 1205 se recolectaron 2.239 peces, en el crucero 0206 23.260 individuos. Las especies con mayor abundancia en el crucero 1205 fueron *Lutjanus synagris*, *Eucinostomus argenteus*, *Haemulon* sp., *Dactylopterus volitans* y *Umbrina broussonnetii*. Las especies con mayor biomasa en este crucero fueron *L. synagris*, *Rhomboplites aurorubens*, *Haemulon* sp., *Lutjanus analis* y *Balistes capriscus*. En el crucero 0206 se encontró que las especies dominantes en número de individuos fueron *Haemulon plumierii*, *H. aurolineatum*, *E. argenteus*, *L. synagris* y *D. volitans*. Estas especies, junto con *Lutjanus vivanus*, fueron las que mostraron la mayor biomasa (Tabla1).

Tabla 1. Listado de las familias y especies encontradas en los cruceros (1205, 0206), con su respectiva abundancia, biomasa y las estaciones donde fueron encontradas.

ESPECIE	CRUCERO 1205			CRUCERO 0206		
	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación
PECES						
CARTILAGINOSOS						
CARCHARHINIDAE						
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	0	0	0	4	0,08(0,45)	2—7
DASYATIDAE						
<i>Dasyatis americana</i>	0	0,0	0	3	0,06(0,24)	2—11-24
<i>Dasyatis guttata</i>	0,03(0,18)	27,3	8	10	0,20(0,92)	1—6-43
RHINOBATIDAE						
<i>Rinobatos percellens</i>	0	0	0	2	0,04(0,28)	11
TRIAKIDAE						
<i>Mustelus minicanis</i>	0	0	0	1	0,02(0,14)	4
PECES ÓSEOS						
ALBULIDAE						
<i>Albula ulpes</i>	0	0,0	0	3	0,06(0,24)	42-44-48
ARIIDAE						
<i>Cathorops mapale</i>	0	0,0	0	6	0,12(0,86)	48
BALISTIDAE						
<i>Balistes capriscus</i>	1,86(7,06)	1107,3	8-18*-20-25	157	3,10(7,73)	17-18-19-25-26-29-31-32-35*-37-38-41-43-44
<i>B. vetula</i>	0	0,0	0	1	0,02(0,14)	37
BOTHIDAE						
<i>Bothus ocellatus</i>	0	0,0	0	2	0,04(0,20)	25-29
BRANCHIOSTEGIDAE						
<i>Caulolatilus chispos</i>	0	0,0	0	3	0,06(0,24)	19-25-28
<i>C. guppyi</i>	0	0,0	0	3	0,06(0,24)	9—20

Continuación Tabla 1.

ESPECIE	CRUCERO 1205			CRUCERO 0206		
	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación
CHAETODONTIDAE						
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0	0,0	0	0,08(0,45)	32,0	11—18
DACTYLOPTERIDAE						
<i>Dactylopterus volitans</i>	8,41(39,54)	420,2	12-15*-17	5,02(22,33)	522,1	19-25*-26-27-29-30-31-32
DIODONTIDAE						
<i>Diodon holocanthus</i>	0,06(0,37)	12,4	15	0,72(2,49)	227,2	4-6-7*-11-18-37
EPHIPPIDAE						
<i>Chaetodipterus faber</i>	0,06(0,37)	125,6	7	0,16(0,69)	91,7	7-25-48
FISTULARIIDAE						
<i>Fistularia petimba</i>	0	0,0	0	0,14(0,41)	45,5	23-24-25-29-44-45
<i>F. tabacaria</i>	0,06(0,25)	15,3	12—20	0	0,0	0
GERREIDAE						
<i>Diapterus rhombeus</i>	2,03(10,21)	206,7	8-25*	3,10(16,13)	1213,4	1-2*-6-7-10-17-19-48
<i>Eucinostomus argenteus</i>	12,13(29,21)	859,1	2-3-5-6-7-8-12-15-20-23-24-25-26*-28	38,35(98,99)	3648,7	2-3-4-10-12-15-17-18-19-20-21-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-35-38-40-42-43*-44-45-46-47-48
<i>Eucinostomus</i> sp	2,58(8,65)	118,5	14-18-21-22*-25	0	0,0	0
HAEMULIDAE						
<i>Conodon nobilis</i>	0	0,0	0	0,12(0,86)	1973,6	48
<i>Haemulon aurolineatum</i>	1,44(7,79)	153,6	7	14,56(70,96)	30629,6	11-12-21-24-27-29-30-32*-44
<i>H. melanurum</i>	0,06(0,37)	30,0	6	0	0,0	0
<i>H. plumierii</i>	0,37(1,47)	88,8	8--20*	11,18(45,63)	115817,3	11-18-25-26-30-31-32*
<i>H. sciurus</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	5,5	2
<i>Haemulon</i> sp.	9,41(45,08)	2486,5	8-14-15-22*	0	0,0	0
<i>H. steindachneri</i>	2,13(9,01)	559,8	5-8*-18	0,91(4,21)	282,7	2-12-17*-25-31
<i>H. striatum</i>	0	0,0	0	0,04(0,28)	6,4	1
<i>Orthopristis ruber</i>	0,10(0,40)	56,1	8--15	2,35(8,40)	1054,0	17-25*-30-31-32-35-36-48



Continuación Tabla 1.

ESPECIE	CRUCERO 1205			CRUCERO 0206		
	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	2,8	48
HOLOCENTRIDAE						
<i>Holocentrus ascensionis</i>	0	0,0	0	0,45(3,17)	224,7	11
LABRIDAE						
<i>Halichoeres caudalis</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	5,1	30
<i>Lachnolaimus maximus</i>	0,03(0,18)	38,2	12	0,22(1,30)	714,3	11*-15-16
LUTJANIDAE						
<i>Lutjanus analis</i>	0,37(0,82)	1669,0	5-7-14-15-19-21-23	0,31(0,90)	2045,0	11-15-16-21-23-24-27*-36
<i>L. synagris</i>	22,96(45,08)	14284,7	2-7-8-11-14-15-18-20-21-22-24-25-26*-28	8,58(13,05)	6845,2	2-3-4-7-9-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-24-25-27-30-32-33-35*-37-38-42-43-44-46-47-48
<i>L. vivanus</i>	0	0,0	0	0,56(2,51)	4737,0	10*-12-19-20-21-40-44
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0,20(0,94)	119,0	12--21	0,37(1,56)	704,4	11-16-27*
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	0,51(1,74)	3751,3	6*-7-14-17-20	4,27(10,82)	808,6	3-4-7-8-9-12-14-15-21-25*-28-29-45-46
MONACANTHIDAE						
<i>Aluterus conoceros</i>	0,24(0,83)	191,6	20-22-24	0,08(0,34)	109,9	18-19-43
<i>A. schoepfii</i>	0	0,0	0	0,08(0,57)	60,7	18
MULLIDAE						
<i>Pseudopeneus maculatus</i>	0	0,0	0	0,06(0,31)	24,1	21-27
<i>Upeneus parvus</i>	0,65(1,63)	69,4	6-8-21-24-25*-26	6,45(17,65)	1350,1	4-7-17-19-20-24-25-28-29-30-32-40-42-43-44-45-46-47
OSTRACIIDAE						
<i>Acanthostracion polygonius</i>	0,44(0,22)	92,9	18*-21	0	0,0	0
<i>A. quadricornis</i>	0,10(0,30)	25,9	8-17-20	0,33(1,09)	113,4	2-11-17-18-27-29-31*-32-37
<i>Lactophrys trigonus</i>	0	0,0	0	0,04(0,28)	40,0	37
<i>Rhinesomus bicaudalis</i>	0,06(0,25)	180,2	12--14	0	0,0	0



Continuación Tabla 1.

ESPECIE	CRUCERO 1205			CRUCERO 0206		
	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación
PARALICHTHYIDAE						
<i>Cyclopsetta fimbriata</i>	0,03(0,18)	5,8	7	0,06(0,31)	42,4	8—14
<i>Paralichthys tropicus</i>	0	0,0	0	0,06(0,24)	97,5	19-21-24
<i>Syacium papillosum</i>	0,24(0,68)	18,6	6-7-20-26	0,29(0,68)	46,0	14-17-18-19-25-31-42-45-46
POLYNEMIDAE						
<i>Polydactylus oligodon</i>	0,17(0,92)	24,1	25	0	0,0	0
<i>P. virginicus</i>	0	0,0	0	0,29(1,35)	76,8	19-44-48*
PRIACANTHIDAE						
<i>Priacanthus arenatus</i>	0,13(0,74)	103,8	7	0,10(0,51)	4,9	19-25
SCARIDAE						
<i>Nicholsina usta</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	105,4	30
SCIAENIDAE						
<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i>	0,03(0,18)	8,2	8	0,93(4,08)	8,6	1-42-48*
<i>Cynoscion microlepidotus</i>	8,41(39,54)	112,3	25	0	258,6	0
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	4,6	48
<i>Larimus breviceps</i>	0	0,0	0	1,77(12,26)	2471,8	48
<i>Macrodon ancylodon cf</i>	0	0,0	0	0,20(0,14)	0,0	48
<i>Micropogonias furnieri</i>	0,44(1,88)	198,8	7-8-25*	172	38,9	1-2-6-7-8-12-17-19*-20-43-44-48
<i>Palaronchurus brasiliensis</i>	0,06(0,37)	41,9	25	0	0,0	0
<i>Umbrina broussonnetii</i>	0	0,0	0	3,58(10,86)	4,9	2—48
<i>U. coroides</i>	3,13(16,89)	225,7	25	0	0	0

Continuación Tabla 1.

ESPECIE	CRUCERO 1205			CRUCERO 0206		
	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación	Abundancia promedio +/- desviación estándar	Densidad (kg/km ²)	No. Estación
SCORPAENIDAE						
<i>Scorpaena brasiliensis</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	15,9	17
<i>Scorpaena</i> sp.	0,03(0,18)	2,3	20	0	0,0	0
SERRANIDAE						
<i>Diplectrum formosum</i>	0,06(0,25)	54,1	12--19	0,12(0,39)	21,8	14-19-21-25-26-29
<i>D. radiale</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	1,4	48
<i>Mycteroperca bonaci</i>	0,03(0,18)	655,3	15	0	0,0	0
<i>M. venenosa</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	273,0	36
SPARIDAE						
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	0	0,0	0	1,04(6,65)	823,6	2-11*-17-19
<i>Calamus calamus</i>	1,48(3,93)	720,5	7-11*-17-19-26-28	4(9,40)	1687,5	18-21-23-24-25-27-28-30-31-32-35*-36-37-38-40-46
<i>C. cervigoni</i> cf	0,13(0,74)	13,6	18	0	0,0	0
<i>C. penna</i>	2,27(8,64)	395,4	12-15*-19-21-22-23	1,39(4,73)	585,5	2-3-11-15-17-18-20-24-35*-37-44-47
<i>C. pennatula</i>	0,44(1,88)	192,6	20-21*-22	0,41(2,02)	111,5	27-35*
<i>Calamus</i> sp.	1,06(5,04)	383,0	18-21*	0	0,0	0
SYNODONTIDAE						
<i>Saurida normani</i>	0	0,0	0	0,06(0,24)	28,1	9-46-47
<i>Synodus foetens</i>	0	0,0	0	0,08(0,57)	73,9	19
<i>Synodus</i> sp.	0,06(0,37)	12,4	15	0,10(0,47)	56,3	2--7-17
TETRAODONTIDAE						
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	0,03(0,18)	6,2	18	0	0,0	0
<i>Sphoeroides spengleri</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	24,6	26-27
TRICHIURIDAE						
<i>Trichiurus lepturus</i>	0,10(0,40)	31,6	8--25	0,54(1,55)	629,8	1-2-7*-18-20-25-48
TRIGLIDAE						
<i>Prionotus beanii</i>	0	0,0	0	0,06(0,31)	5,8	45-46
<i>P. punctatus</i>	0	0,0	0	0,02(0,14)	19,5	46
Total	77,2 (110,7)	29895,8		484,5 (2512,5)	186613,4	

* La estación que presentó mayor abundancia de la especie.

7.3. Distribución espacial de la abundancia y biomasa

En el crucero 1205 los mayores valores de abundancia se presentaron en las estaciones 15, 22, 25 y 26, localizadas hacia la costa y principalmente en la zona de Dibulla y Manaure, mientras los valores más bajos se encontraron a mayores profundidades (Figura 7).

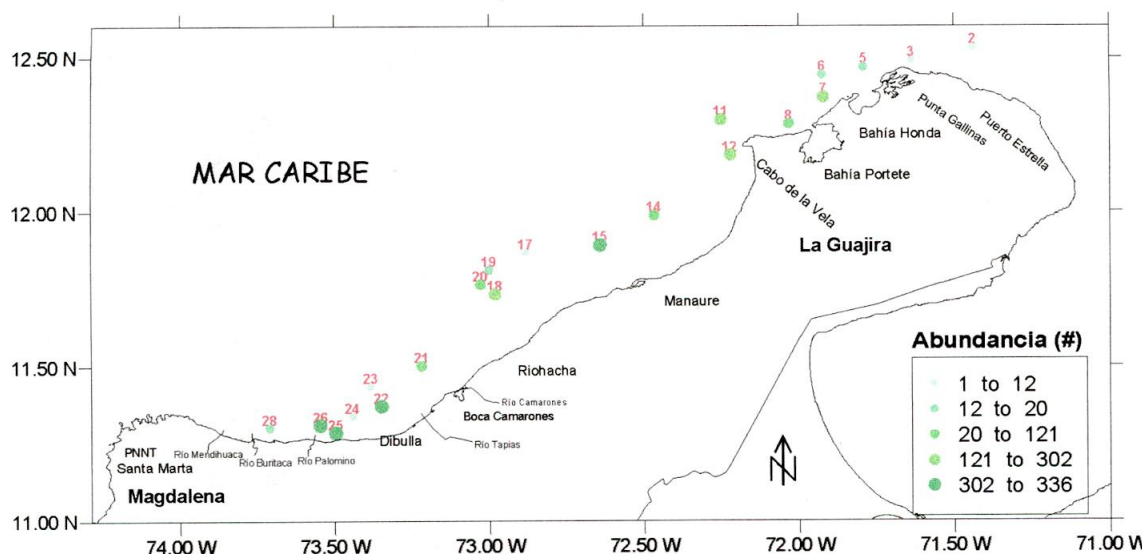


Figura 7. Abundancia total (número de individuos) por estación durante el crucero 1205.

Las estaciones con mayor abundancia no son las mismas que las estaciones de mayor biomasa que fueron las 11, 14, 20, 26 presentaron la mayor biomasa. Las estaciones que presentaron mayores valores de biomasa se localizan desde el Cabo de la Vela hasta el centro y el sur del área de estudio, encontrando picos de biomasa en Manaure y cerca al río Palomino (Figura 8).



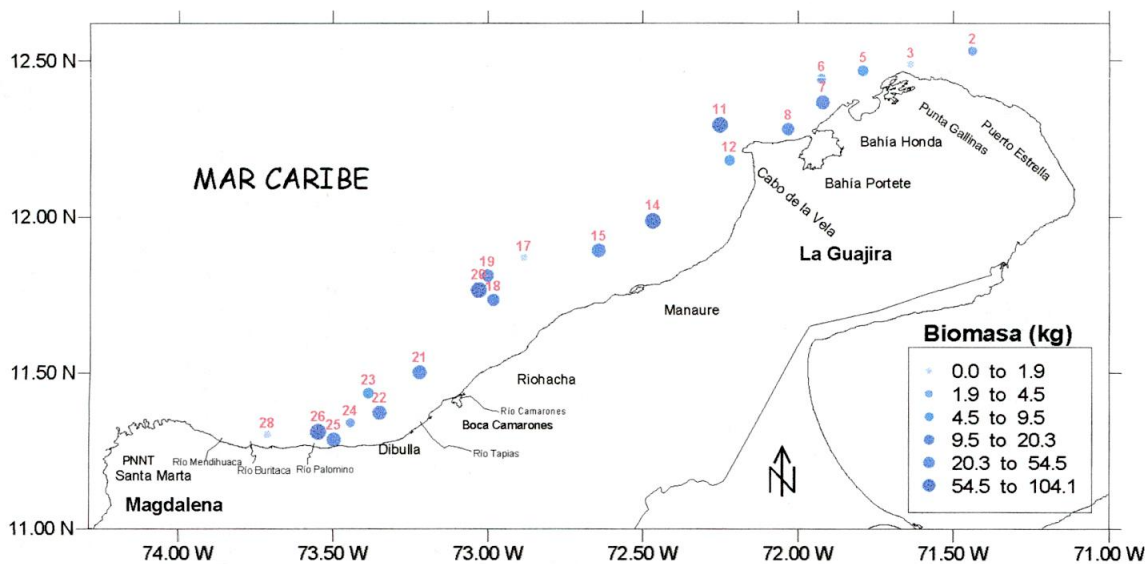


Figura 8. Biomasa total (kg) por estación durante el crucero 1205.

El mayor pico de abundancia (17481) en el segundo crucero se presentó en la estación 32 en la zona de Manaure, superando de manera significativa las abundancias registradas en el resto de las estaciones y coincidiendo con uno de los mayores valores del crucero 1205, en el que se obtuvieron valores mucho más altos de abundancia, por lo que se hizo necesario utilizar una escala diferente (Figura 9).

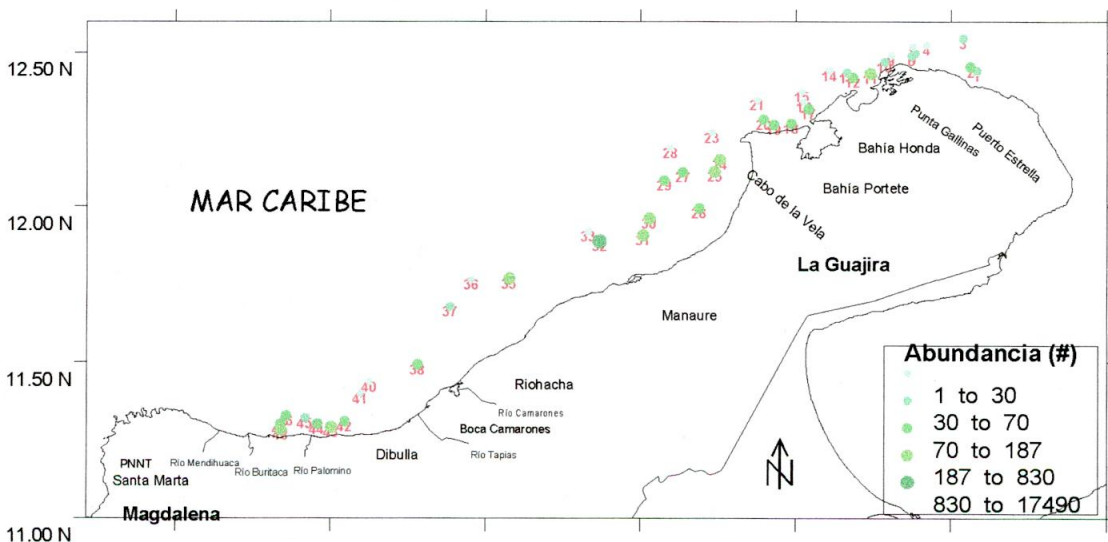


Figura 9. Abundancia total (número de individuos) por estación durante el crucero 0206.



A diferencia del crucero 1205, en el 0206 la estación que presentó la mayor biomasa coincidió con la de mayor abundancia (estación 32). Los valores de biomasa siguientes se distribuyen a lo largo de toda el área evaluada (Figura 10).

Para ambos cruceros los mayores valores de abundancia y biomasa por estación se presentaron en la zona de Manaure, cercano a la costa (Figuras 9 y 10).

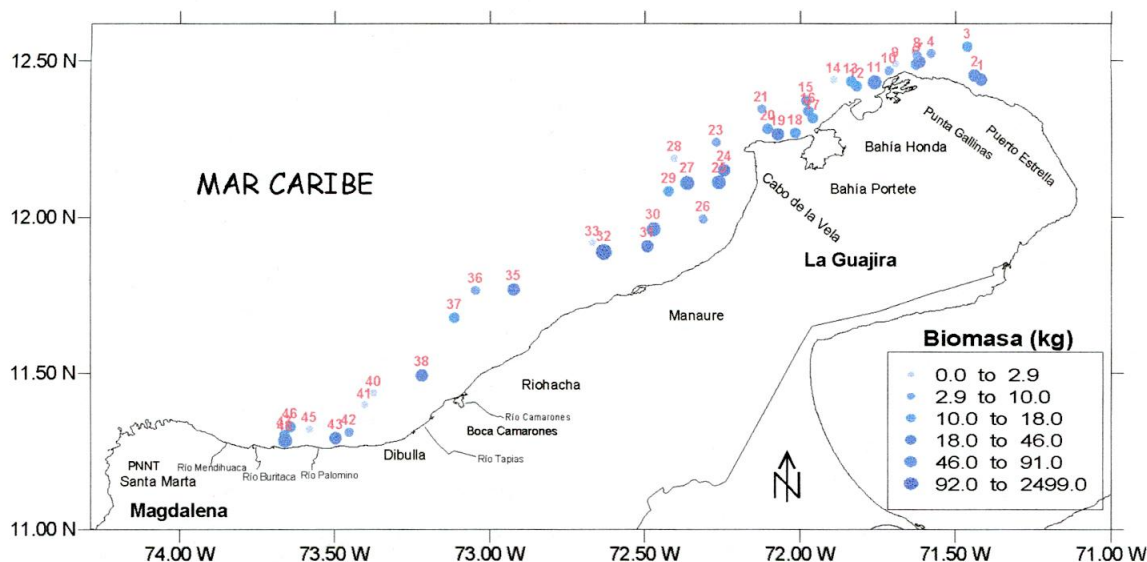


Figura 10. Biomasa total en (kg) por estaciones durante el crucero 0206.

7.4. Distribución espacial de los índices ecológicos

En el crucero 1205 los mayores valores de diversidad se registraron en la zona de Riohacha y de Bahía Portete (de 2 a 3). Una diversidad intermedia se localizó en la zona de Dibulla, Manaure y al sur de Bahía Portete (1,2 a 1,9). Diversidades bajas se observaron en las zonas más profundas y en la región más septentrional del área de estudio (de 0,2 hasta 1) (Figura 11).

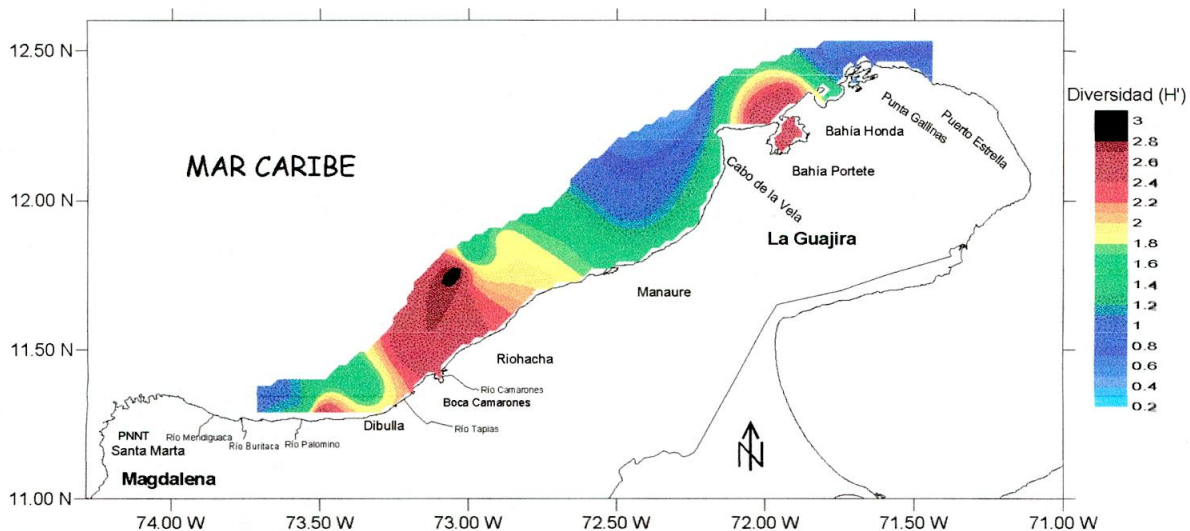


Figura 11. Distribución espacial del índice de diversidad (H') durante el crucero 1205.

En el segundo crucero el comportamiento del índice de diversidad fue muy diferente; los valores máximos de diversidad fueron más bajos que los observados en el primer crucero. Los valores más altos de diversidad se presentaron al norte del área de estudio entre bahía Honda y Punta Estrella (de 1,8 a 2,4). Valores intermedios se presentaron en Bahía Portete (de 1 a 1,8) y valores comparativamente menores (<1) se observaron en el resto del área evaluada (Figura 12).

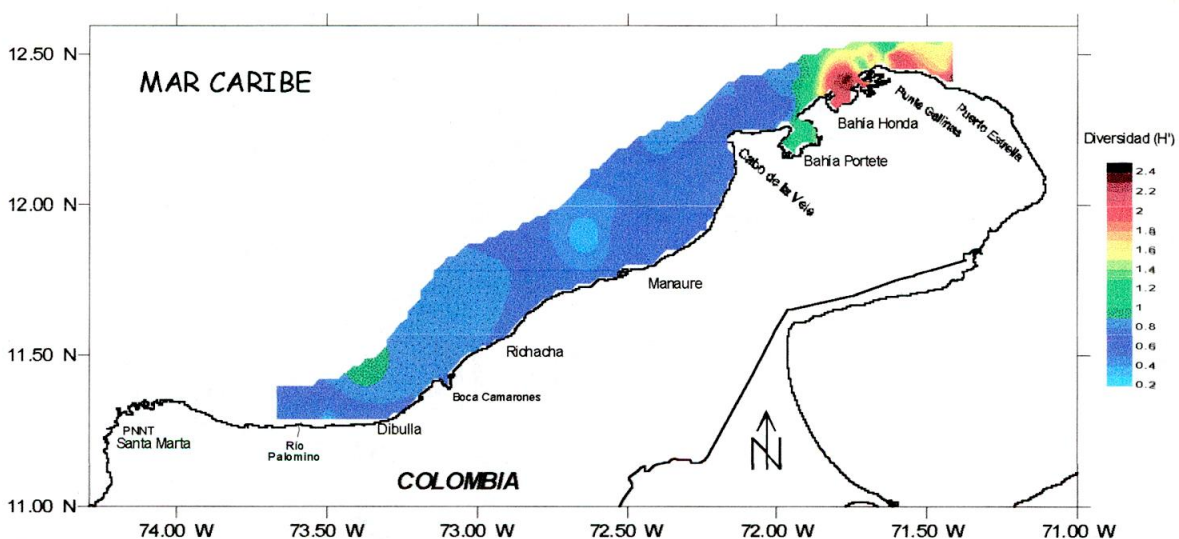


Figura 12. Distribución espacial del índice de diversidad (H') en el crucero 0206.

En el crucero 1205 la zona con mayor equitatividad se extendió desde el norte de Riohacha hasta el sur de Dibulla (0,65 hasta 1), disminuyendo en la más costera, La zona comprendida entre Manaure y Cabo de la Vela cerca de la desembocadura de los ríos Palomino y Tapias, presentan los valores más bajos (0,1 - 0,6) (Figura 13).

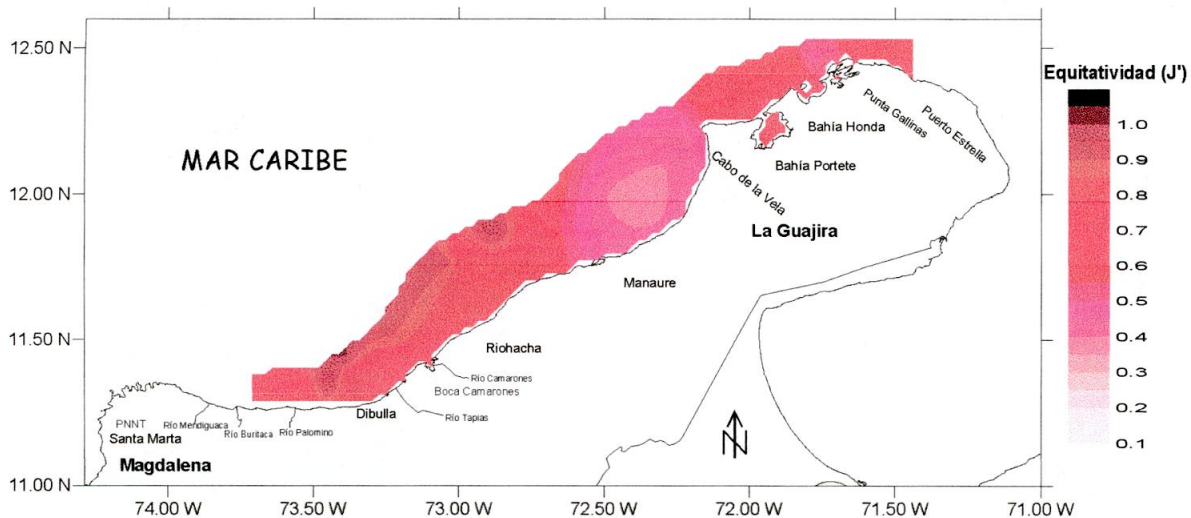


Figura 13. Distribución espacial del índice de equitatividad de Pielou (J') en el crucero 1205.

Al igual que en el crucero 1205, en el 0206 la zona entre Dibulla y Riohacha presentó los valores más altos de equitatividad y la de Manaure y Cabo de la Vela los más bajos. Además, en la parte norte de La Guajira se observaron valores altos. Las zonas más profundas son las que generalmente presentan mayor equitatividad en relación a la zona costera (Figura 14).

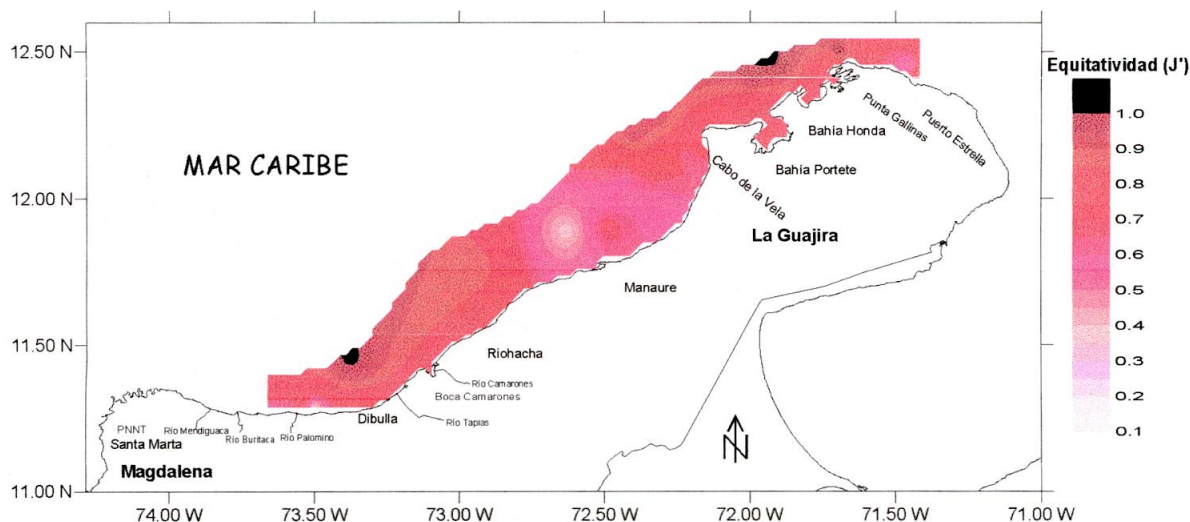


Figura 14. Distribución espacial del índice de equitatividad (J') en el cruce 0206.

Los valores más altos de dominancia se presentaron en la parte norte de La Guajira, en Dibulla y en la desembocadura de los ríos Palomino y Buritaca (0,6 - 0,9). Los valores más bajos se presentaron en las zonas de Riohacha y Bahía Portete (0,2 - 0,4) (Figura 15). La especie más dominante en el cruce 1205 fue *L. synagris*, seguida por *E. argenteus*, con valores de dominancia de 0,3 y 0,1, respectivamente. Estas especies igualmente dominaron en la mayoría de las estaciones muestreadas durante el estudio (Tabla 2)

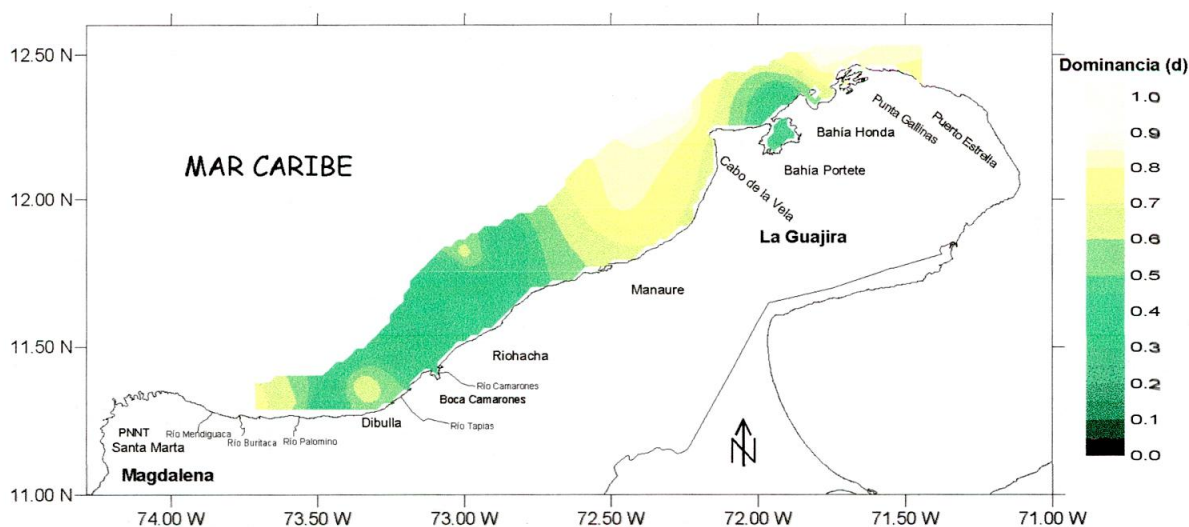


Figura 15. Distribución espacial del índice de dominancia de Berger - Parker (d) en el cruce 1205.



Tabla 2. Especies dominante de cada una de las estaciones del crucero 1205 con valores iguales o mayores al 40%.

Estación	Especie dominante	% de dominancia
2	<i>E. argenteus</i>	81
5	<i>H. steindachneri</i>	87
6	<i>R. aurorubens</i>	64
8	<i>H. steindachneri</i>	47
11	<i>L. synagris</i>	90
12	<i>E. argenteus</i>	74
14	<i>L. synagris</i>	82
15	<i>D. volitans</i>	63
18	<i>L. synagris</i>	43
19	<i>C. calamus</i>	66
22	<i>Haemulon sp</i>	73
23	<i>E. argenteus, C. penna</i>	40
26	<i>L. synagris</i>	58
28	<i>E. argenteus</i>	75

En el crucero 0206 la dominancia fue menos variable a través de la zona norte del Caribe colombiano presentando valores aproximadamente entre 0,2 y 0,8. Los valores más altos de dominancia se presentaron en la zona de Manaure y en Puerto Estrella (Figura 16). Las especies dominantes alcanzaron valores más altos que las especies dominantes en el primer crucero. La especie más dominante para el crucero 0206 fue *H. plumierii* (0.49), seguida por *H. aurolineatum* (0.31). Sin embargo, la especie que dominó en más estaciones fue *E. argenteus* (Tabla 3).

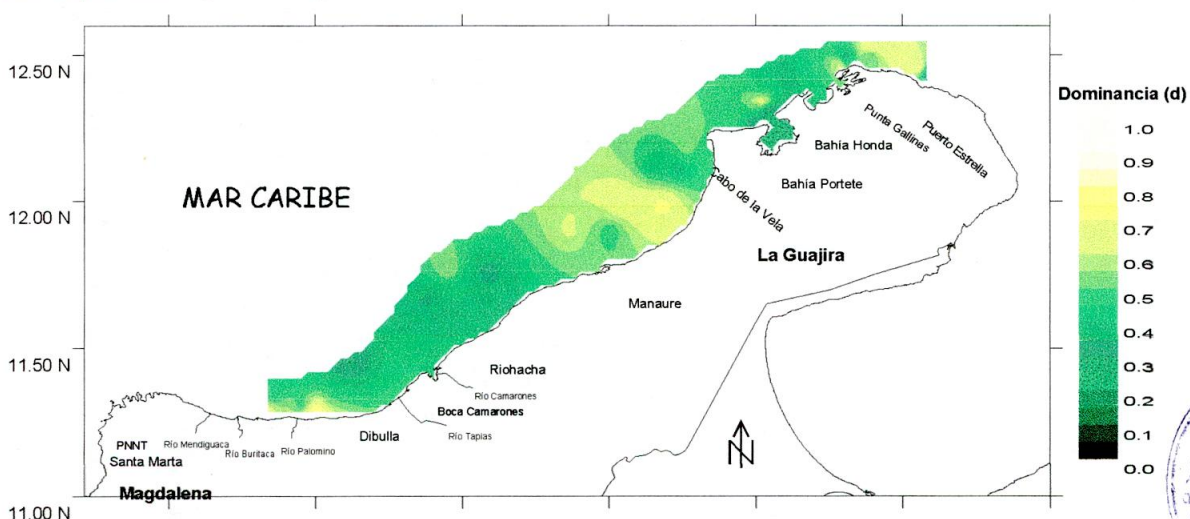


Figura 16. Distribución espacial del índice de dominancia de Berger - Parker (d) en el crucero 0206.

Tabla 3. Especies dominante de cada una de las estaciones del crucero 0206 con valores iguales o mayores al 40%.

Estación	Especie dominante	% de dominancia
2	<i>D. rhombeus</i>	71
3	<i>E. argenteus</i>	61
4	<i>R. aurorubens</i>	66
6	<i>M. furnieri</i>	60
7	<i>M. furnieri</i>	40
8	<i>R. aurorubens</i>	68
10	<i>L. vivanus</i>	68
11	<i>H. plumierii</i>	45
12	<i>L. synagris</i>	44
15	<i>E. argenteus</i>	44
16	<i>L. synagris</i>	77
19	<i>M. furnieri</i>	47
20	<i>E. argenteus</i>	48
21	<i>R. aurorubens</i>	47
23	<i>C. calamus</i>	53
24	<i>H. aurolineatum</i>	50
26	<i>D. volitans</i>	74
27	<i>E. argenteus</i>	40
28	<i>E. argenteus</i>	50
29	<i>U. parvus</i>	58
30	<i>H. aurolineatum</i>	65
31	<i>E. argenteus</i>	45
32	<i>H. plumierii</i>	62
36	<i>C. calamus</i>	57
38	<i>B. capriscus</i>	44
42	<i>E. argenteus</i>	53
43	<i>E. argenteus</i>	88
44	<i>L. synagris</i>	43
45	<i>E. argenteus</i>	53
46	<i>E. argenteus</i>	43
47	<i>E. argenteus</i>	64
48	<i>E. argenteus</i>	65

En ambos cruceros los mayores valores de riqueza se localizaron en las estaciones más cercanas a la costa, principalmente en la región de Bahía Portete, con 14 especies en el primer crucero (Figura 17) y 17 en el segundo (Figura 18). En el crucero 0206 se encontraron un foco de alta riqueza en la parte sur de Cabo de la Vela (18 especies), en la desembocadura del río Palomino (11 especies) y en la zona de Manaure (11 especies).

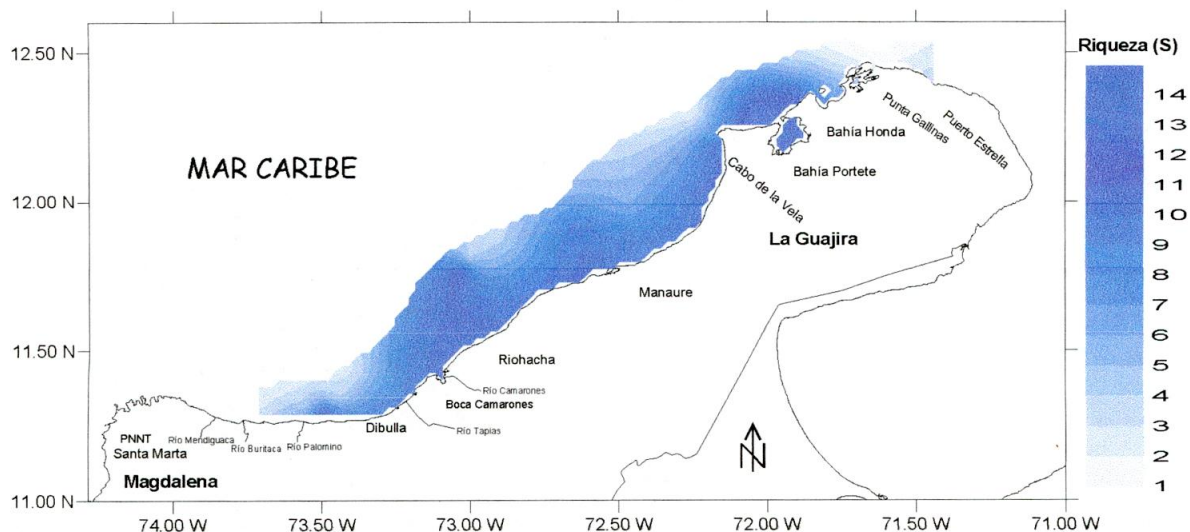


Figura 17. Distribución espacial de la riqueza específica (S) en el cruce 1205.

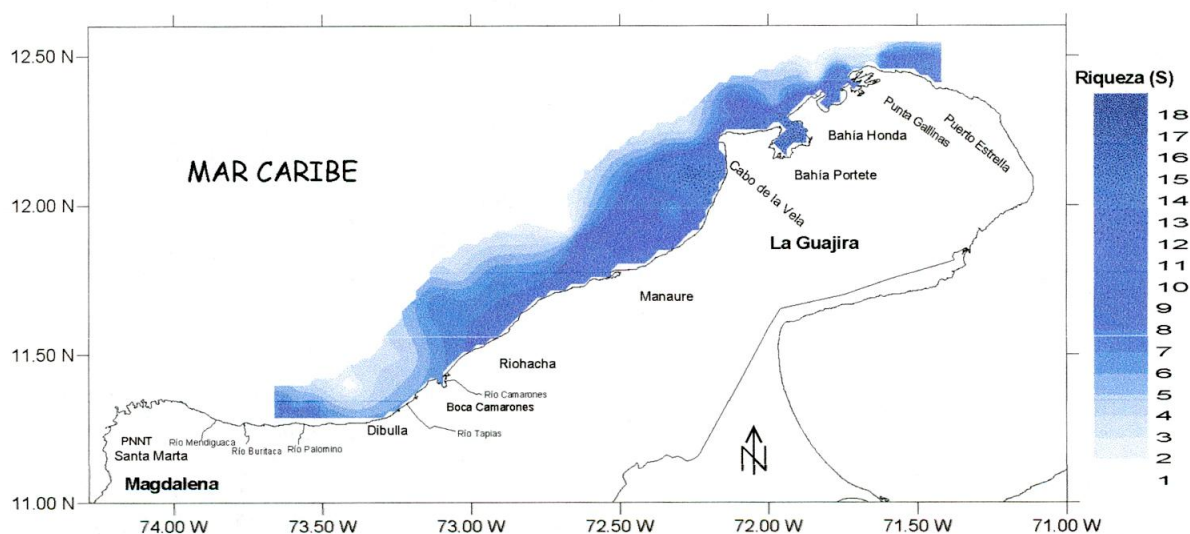


Figura 18. Distribución espacial de la riqueza específica (S) en el cruce 0206.

7.5. Clasificación de las estaciones y de las especies

Los dendogramas de estaciones (Figura 19) y de especies (Figura 20) para el cruce 1205 muestran un valor de similaridad muy bajo por lo que es difícil indicar patrones o separar ensamblajes, lo que parece indicar que no existe una agrupación entre ellos.



La clasificación del ensamblaje para el segundo crucero mostró el mismo comportamiento que el del 1205 tanto para el dendograma de las estaciones (Figura 21) como para el de las especies (Figura 22); a pesar de poseer más estaciones, especies e individuos. Las líneas de unión se dan en porcentajes de similitud muy bajos lo que es difícil indicar patrones o separar los ensamblajes.

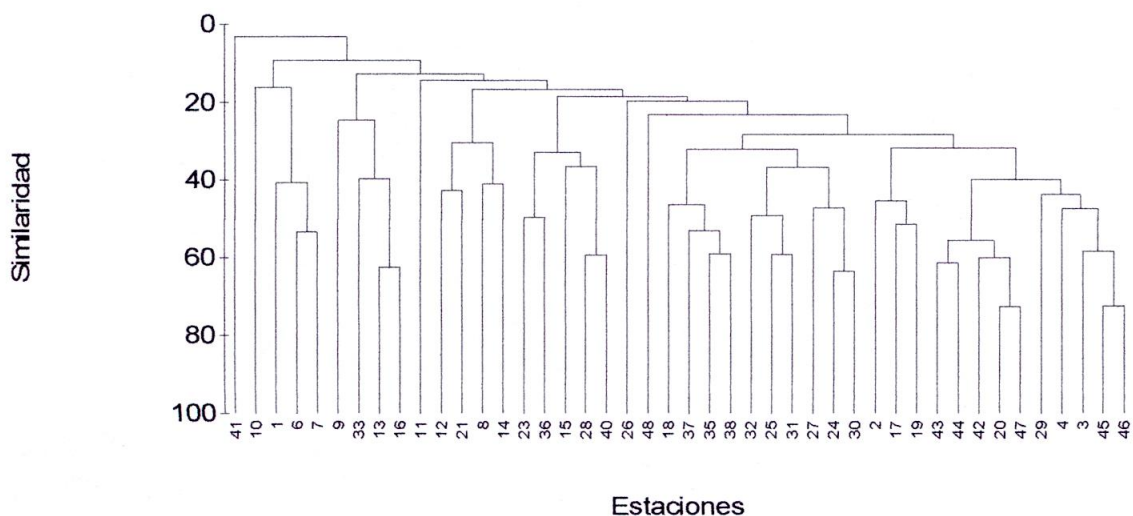


Figura 21. Clasificación basada en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones muestreadas durante el crucero 0206. Las muestras se unieron mediante el método de ligamiento promedio, a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con datos transformados mediante $\log(x+1)$.



7.6. Ordenación de las estaciones y de las especies

La ordenación de las estaciones para el crucero 1205 presentó un estrés de 0,19 (Figura 23) y para el 0206 de 0,2 (Figura 24), lo que indica que la representación bidimensional realizada por el NMDS no representa muy confiablemente la verdadera distribución de las muestras; en el crucero 1205 se tienden a formar 3 grupos: 1) estaciones 17 y 19, 2) estaciones 12, 28, 2, 24, 20, 23, 5, 3, y 6 y 3) estaciones 11, 15, 7, 26, 8, 25, 14, 22, 21 y 18. Se dió la formación de tres posibles grupos, los dos primeros grupos son estaciones con menos de 20 individuos (con excepción de las estaciones 24, 2, 28 y 12).

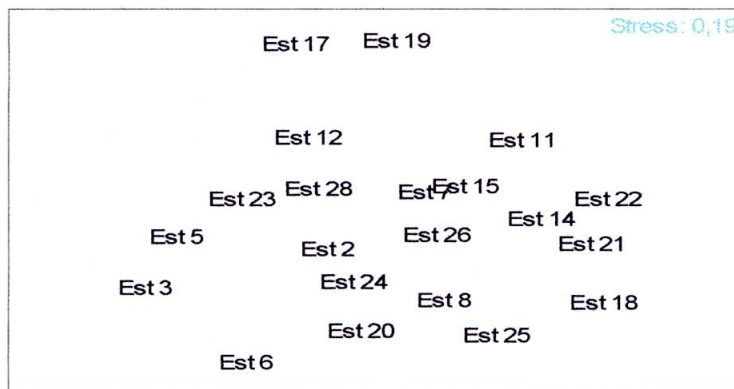


Figura 23. Ordenación por NMDS de las estaciones del crucero 1205 basados en la matriz de similitud de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.

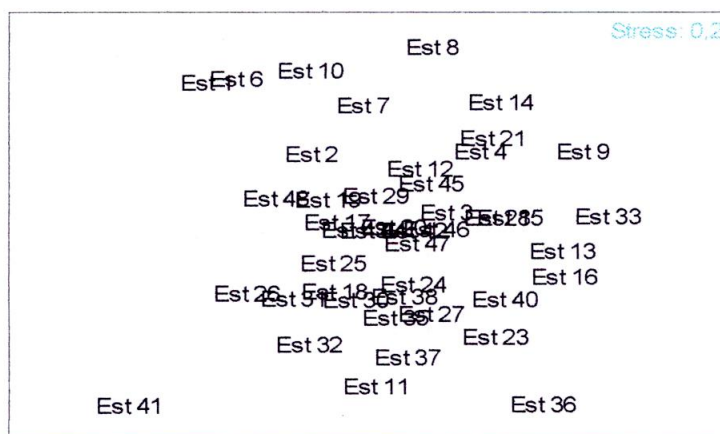


Figura 24. Ordenación por NMDS de las estaciones del crucero 0206 basados en la matriz de similitud de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$.

Para la ordenación de las especies en ambos cruceros el valor del estrés fue de 0,12, indicando que la representación bidimensional realizada por el NMDS se acerca a la verdadera distribución de las muestras. Sin embargo, las gráficas no muestran relaciones claras entre las especies, sino pequeñas agrupaciones de 2 o 3 especies lo que no lleva a discernir sobre una ordenación espacial de las mismas.

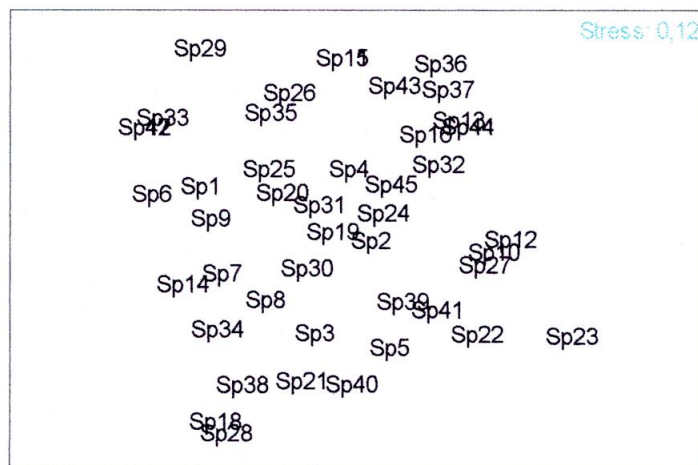


Figura 25. Ordenación por NMDS de las especies del crucero 1205 basados en la matriz de similitud de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$. *(Ver la especies correspondiente en el Anexo 6).

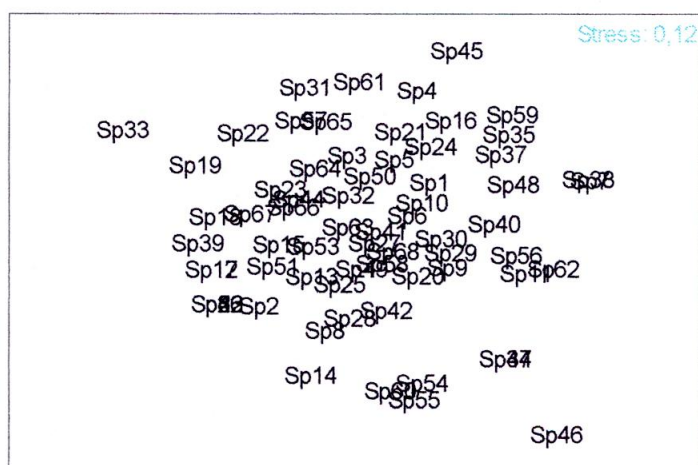


Figura 26. Ordenación por NMDS de las especies del crucero 0206 basados en la matriz de similitud de Bray-Curtis y las abundancias transformadas mediante $\log_{10}(x+1)$. *(Ver la especies correspondiente en el Anexo 7).



7.7. Relación variable biológica con las variables físico-químicas.

Al correlacionar las variable biológicas con las variables físico-químicas (profundidad, tipo de sedimento, salinidad, temperatura), se observó, que en el crucero 1205 una sola variable, la profundidad, provee la mejor relación con la composición del ensamblaje, con una correlación 0,3 (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis BIOENV para establecer la relación entre la abundancia de las especies y las variables abióticas observadas en el crucero de diciembre de 2005 (1205).

Variables seleccionadas	Correlación
Profundidad	0,3
Profundidad y temperatura	0,2
Profundidad y salinidad	0,2
Profundidad y sedimento	0,2
Profundidad, temperatura y salinidad	0,2
Profundidad, salinidad y sedimento	0,1
Profundidad, sedimento y temperatura	0,1
Profundidad, sedimento, salinidad y temperatura	0,1
Temperatura	0,03
Temperatura y salinidad	0,004

En el segundo crucero la mayor relación de la composición del ensamblaje está dada por la combinación de 3 variables (profundidad, salinidad y tipo de sedimento), con un valor de correlación de 0,36 (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis BIOENV para establecer la relación entre la abundancia de las especies y las variables abióticas observadas en el crucero de febrero de 2006 (0206).

Variables seleccionadas	Correlación
Profundidad, sedimento y salinidad	0,35
Profundidad, sedimento, salinidad y temperatura	0,34
Profundidad y sedimento	0,32
Profundidad, sedimento y temperatura	0,31
Profundidad, salinidad y temperatura	0,31
Profundidad y salinidad	0,30
Sedimento, salinidad y temperatura	0,27
Profundidad y temperatura	0,26
Sedimento y salinidad	0,25
Profundidad	0,23

8. DISCUSIÓN

Durante la época seca los peces demersales de la costa norte del caribe colombiano conforman un único ensamble, el cual presenta variaciones espaciales y a través de la época en sus características ecológicas. Las variaciones espaciales y en el tiempo dentro de lo que se considera la época seca (diciembre a marzo), no parecen estar tan relacionadas con variables ambientales como la temperatura, salinidad, profundidad y tipo de sedimento encontrado en la región, los cuales permanecen relativamente constantes espacialmente, a través de la época seca. Podrían estar relacionadas con factores no medidos dentro del ambiente (p. ej. disponibilidad de presas, interacciones intra e inter específicas) e incluso parecen ser producto de factores que actúan a los niveles de meso y macroescala que están ligados a la dinámica de las condiciones ambientales que caracterizan dicha época, tales como la fuerza de los vientos alisios, la influencia del fenómeno de surgencia que se presenta al norte de la región de estudio y la influencia de las fuentes de agua dulce.

En el crucero 0206 el incremento en especies, abundancia y biomasa con relación al crucero 1205 fue notable, al pasar de 45 a 68 especies y de 2239 a 23260 (incremento en abundancia de 90,37 %), al dividir los valores entre el número de estaciones para cada crucero para realizar las comparaciones lo más acertadas posibles encontramos que en el segundo crucero hubo un promedio de 489,6 (+/-2512,5) mientras en el primero fue de 77,2 (+/-100,7) lo mismo sucedió con la biomasa lo que confirma el incremento en el crucero 0206 . Lo anterior posiblemente se debió a que el crucero 0206 se realizó al final de la época seca y culminando el evento de surgencia, lo que indicaría que las especies que llegan a estas zonas por el evento ya se encontraban allí a diferencia del 1205. Se notó un incremento importante de la captura en la zona de Manaure que con la aparición de *H. plumierii* lo que podría ser el causante del incremento entre los dos cruceros. Para el norte de La Guajira, zona de Puerto estrella hasta la Bahía Honda se notó también un incremento en la abundancia recolectada entre el primer crucero y el segundo para las mismas estaciones.

La especie con valores más altos de abundancia y biomasa en el crucero 1205 fue *L. synagris*, mientras para el segundo crucero, la especie con valores más altos fue *H. plumierii*. Debido a la sobreexplotación de especies demersales de importancia comercial y de grandes tamaños se está presentando la proliferación de especies de poco interés comercial y de tallas pequeñas. La aparición de *H. plumierii* como especie dominante en el Caribe colombiano coincide con los encuentros del Institute of Marine Research (IMR, 1989) y difiere de las observaciones de Manjarrés (1998), quien encontró que la especie dominante en número fue *E. argenteus* y la primera en biomasa fue *B. capricus*. El aumento de especies no comerciales de tamaños pequeños y disminución de las tallas mayores también fue señalado por Arancibia (1992) en la zona central de Chile aunque se tiene que tener en cuenta que las investigaciones se realizaron en zonas arrastrables y que especies como los pargos y los meros de mayor tamaño habitan en zonas coralinas ó rocosas las cuales no son arrastrables, y se pescan preferiblemente con palangres (Manjarrés, 1998). *Lutjanus synagris* representó mayor abundancia y biomasa relativa en el crucero 1205 que el crucero 0206, disminuyendo su captura al final de la época seca.

Los mayores picos de abundancia y biomasa tanto para el crucero 1205 como para el 0206 se dieron en estaciones cercanas a la costa principalmente en Manaure y en zonas cercanas a Dibulla. Se observó que las mayores capturas se dieron en los lugares con profundidades entre los 0 y 50 m. Las zonas someras, se caracterizan por ser más productivas que las áreas más profundas del mar, por lo que la disponibilidad de alimento puede ser mayor en estas regiones someras, lo que redunda en un incremento de la abundancia de las especies. Sin embargo, el funcionamiento del arte utilizado puede contribuir a que sea más probable la captura de organismos cerca de la costa que en lugares más profundos; lo anterior coincide con lo que señala Manjarrés, quien encontró la abundancia y la biomasa disminuyeron, cuando aumentaba la profundidad (Manjarrés, 1998).



Las estaciones que presentaron los valores más altos de abundancia no coinciden con las estaciones más diversas, es decir, que a pesar de tener un alto número de individuos esta se distribuye entre pocas especies encontradas en cada estación; a excepción de la estación 25 del primer crucero que tiene un alto valor de diversidad y de abundancia, pero posee una alta riqueza y equitatividad y un valor bajo de dominancia (29%). El mismo comportamiento en la costa se observó con relación a la riqueza, la cual mostró los picos más altos en las estaciones con menores profundidades o más cercanas a la costa. Los datos de diversidad también mostraron una diferenciación espacial clara para el crucero 0206, debido a que los valores altos de diversidad únicamente se localizaron en la zona norte de La Guajira, mientras en el crucero 1205 estas diferencias espaciales a nivel de toda la zona norte no son claras, mostrando picos en Bahía Portete y Riohacha. En el crucero 0206 la zona más diversa fue la de La Guajira norte, donde se encuentra un foco de surgencia estacional (entre Punta Gallinas y el Cabo de la Vela), coincidiendo con los resultados obtenidos por Manjarrés para el segundo periodo de oct 19 – nov 6 /1995 (Manjarrés, 1998). Hay que tener en cuenta, sin embargo, que ninguno de los periodos trabajados por Manjarrés (1998) coinciden con los de este trabajo lo que puede dar diferencias entre algunos resultados. Igualmente se observa que hacía el sur de la zona de estudio la diversidad va disminuyendo, es decir, a medida que disminuye latitud, disminuye la diversidad (Manjarrés, 1998). La zona norte, por el evento de surgencia, presenta aguas más ricas en nutrientes incrementando la productividad primaria, por lo que habría mayor posibilidad de alimento congregando más especies y aumentando la diversidad en estas zonas (Andrade y Barton, 2005; Paramo et al., 2003; Paramo y Roa, 2003).

En el crucero 1205 la zona con mayor equitatividad se registró entre el norte Riohacha y el sur de Dibulla. En el crucero 0206, la zona de Dibulla presentó valores altos de equitatividad, pero esta vez hacía la zona de Riohacha. Además, se observaron valores altos de equitatividad en la parte norte de La Guajira, pero se conservó la tendencia de mayor equitatividad hacía las zonas más profundas.

En las zonas cercanas a la costa se encontraron los valores más altos de diversidad lo que muestra el ingreso de un mayor número de especies por alimentación, debido al efecto del evento de surgencia y la influencia de aguas dulce en algunos sectores. Sin embargo, a pesar de que existen tantas especies, hay unas que dominan o que se encuentran en una proporción muy grande con relación al resto de especies.

Los valores más altos de dominancia se presentaron en la parte norte de La Guajira. La especie más dominante para el crucero 1205 fue *L. synagris*, seguida por *E. argenteus*. Así mismo, estas especies ocurrieron en un 28,5% las estaciones de este crucero; esto es de gran importancia debido a que las pesquería demersales en el Caribe están sustentadas por la familia Lutjanidae (Cervigón *et al.*, 1992; Correa y Manjarrés, 2004) y a pesar que *E. argenteus* no tiene importancia comercial es una especie característica para esta zona. Estos resultados muestran la importancia de estas dos especies dentro de los ensamblajes y su dominio en estas zonas. Para el crucero 0206 no hubo una dominancia tan marcada de las especies como se observó en el primer crucero. Los valores más altos se presentaron en las zonas de Manaure y Puerto Estrella. La dominancia de *H. plumierii* y *H. aurolineatum* se debió principalmente a la captura de la mayoría de ejemplares en sólo tres estaciones ubicadas en zonas de crianza donde existe alimento; además estas especies forman cardúmenes lo que favorece a una alta capturabilidad. La dominancia de estas especies en la región coincide con las observaciones del IMR (1989), y difieren de los de Manjarrés (1998) quien no determina a estas especies como dominantes, sin embargo por ser su estudio en otras épocas y al observar que para el primer crucero no hubo gran dominancia de estas especies, es probable que su incremento se presente para mediados o final de la época seca. La especie que dominó en la mayoría de las estaciones fue *E. argenteus* la cual no tiene importancia pesquera por su talla reducida (Cervigón, 1992), lo que coincide con el primer crucero de este estudio y con los trabajos que señalan esta especie como una de las más abundantes en la zona norte del Caribe colombiano (Manjarrés, 1998).

Los dendogramas de las estaciones para el crucero 1205 y 0206 no mostraron una clasificación ni la formación de grupos definidos debido a que la similaridad es muy baja, por lo que es difícil indicar patrones o separar ensamblajes. Los valores del NMDS para ambos cruceros con relación a las estaciones mostraron valores de estrés muy altos (0,19 -0,2) a pesar de observar ciertas cercanías entre algunas de las estaciones para el crucero 1205, lo que indica que la localización espacial no da la ubicación real de las muestras, pero nos da la formación de tres posible grupos según la clasificación que difieren de tres posibles grupos formados por la ordenación; que al comparar los dos primeros grupos de la clasificación son estaciones que están ubicados en la ordenación muy cerca y son la estaciones que presentan valores de abundancia menores de 20. Este resultado indica que a pesar que en el primer crucero se trata de observar una formación de grupos los valores bajos de similaridad no los muestra como grupos definitivos. Lo anterior difiere de las observaciones de Manjarrés (1998), el cual encontró para el 1er período (julio 9 – julio 25/ 95) seis agrupamientos sobre niveles de similaridad entre 22 y 45%. En el segundo período (octubre 19 – noviembre 6/95) este autor identificó ocho agrupaciones sobre niveles de similaridad entre 28 y 55%. En el tercer período (abril 8 – abril 22/96) siete agrupaciones con niveles de similaridad la mayoría por encima del 40%. Sin embargo, los trabajos se hicieron en meses diferentes dentro de la época seca y estas pueden estar asociadas en alguna medida con la variabilidad ambiental dentro de cada época (por ejemplo la variabilidad en la influencia de las aguas dulces en diferentes períodos de la época seca o del fenómeno de surgencia, que puede tener mayor influencia hacia el final de la época seca.

Con relación a las especies el dendograma tampoco mostró grandes agrupamientos debido a los valores tan bajos de similaridad, sin embargo, al realizar la ordenación de las especies los valores de estrés fueron más bajos que los observados para las estaciones (0,12 para ambos cruceros). Lo que indica que las distancias mostradas pueden coincidir en mayor proporción con las reales. Esta falta de formación de grupos también difiere de las observaciones de



Manjarrés (1998), quien a pesar que después de realizada la ordenación los valores de estrés son más altos que los encontrados en este trabajo realizó clasificaciones teniendo en cuenta el dendograma resultado de la clasificación que muestra valores de similaridad mucho más altos y los valores de similaridad son más altos. Basado en abundancias estandarizadas para el primer período (julio 9 – julio 25/ 95) se definieron 11 grupos, en el segundo período (octubre 19 – noviembre 6/95) se definieron 11 grupos; y para el tercer período (abril 8 – abril 22/96) se definieron 10 grupos (Manjarrés, 1998). Aunque los muestreos no se realizaron para la misma época es importante observar como para estos periodos la formación de grupos entre las especies es definitiva mientras que para la época muestreada no.

Al correlacionar las variables biológicas con las variables físico-químicas (profundidad, tipo de sedimento, salinidad, temperatura), se observó que en el crucero 1206 la matriz biológica estuvo correlacionada principalmente con la profundidad y en el crucero 0206 estuvo correlacionada con la profundidad, el tipo de sedimento y la salinidad de fondo. Los bajos valores en estas correlaciones sugieren que estas variables no son las que definen la distribución del ensamblaje y que otras variables no medidas, e incluso variables a mayores escalas (meso y macroescala), como la entrada de ríos, la surgencia, fenómenos de niño o niña, pueden estar definiendo los patrones de distribución; coincidiendo con el trabajo de Manjarrés (1998), quien no obtuvo una correlación alta. Trabajos como el de Colloca (2003) señalan que las variaciones espaciales en los ensamblajes ícticos demersales se deben a la distribución de los organismos macro-epibentónicos que sirven como alimento a la mayoría de las especies demersales y no a variables ambientales.

Sin embargo, en el presente estudio se encontró que en el crucero 1205 la profundidad da la mejor explicación, mientras para el 0206 la mejor explicación está dada por la combinación de 3 variables (profundidad, salinidad, tipo de sedimento). La profundidad se convierte en el factor determinante en la mayoría

de las evaluaciones realizadas señalando que a menor profundidad se encuentran localizadas la mayoría de las especies, las mayores abundancias y los valores más altos de biomasa, debido probablemente a las condiciones que se encuentran en aguas más someras; luz, salinidad, productividad primaria, temperatura, alimentación etc., que convierten estas zonas en las más propicias para la supervivencia. Este resultado coincide con los trabajos realizados por Manjarrés (1998) quien encontró que la profundidad era el factor que figuraba en las mejores explicaciones del comportamiento biológico. Los trabajos de Duarte y Von Schiller (1997), el IMR (1989), Ungaro (1999), Bianchi (1992 a), Gray y Otway (1994), García (1998) y Guzmán et al. (2001) también resaltan la importancia de la profundidad en la configuración de los ensamblajes demersales en tanto en el caribe colombiano como en el resto del mundo.

Otros trabajos como el de Bianchi (1992b) y Gaertner et al. (1999) presentaron una relación importante con el tipo de sedimento, el cual se presentó como una de las variables importantes al igual que la salinidad que fue señalada igualmente en el trabajo de Jaureguizar (2006).

A pesar que los resultados del trabajo arrojaron, que no se forman asociaciones claras, ni una relación con las variables ambientales medidas, se observaron características comunitarias que pueden ser determinante para tener en cuenta a la hora de establecer planes de manejo en el área de estudio; como, las variaciones presentadas en los índices ecológicos tanto a nivel de toda la zona norte del Caribe colombiano, como aquellas que se observaron entre los dos cruceros realizados, lo que sugiere una transición entre el principio y el final de la época seca.

9. CONCLUSIONES

- Se recolectaron en total 25499 peces demersales pertenecientes a 84 especies y 34 familias. Treinta especies se observaron en ambos cruceros; 15 especies se presentaron únicamente durante el primer crucero y 38 especies se recolectaron únicamente en el segundo crucero (Tabla 1).
- Para el crucero 1205 se recolectaron 2239 peces, mientras que para el crucero 0206 se recolectaron en total 23260 individuos. La especie que presentó mayor abundancia y biomasa en el crucero 1205 fue *L. synagris*, la cual es una de la especies con mayor interés comercial de las especies demersales; mientras para el crucero 0206 se obtuvo que la especie con mayor abundancia y biomasa fue *H. plumieri*.
- Los picos de abundancia y biomasa para ambos cruceros se presentaron en las zonas más cercanas a la costa, el mismo comportamiento se observó con la riqueza, la dominancia y la diversidad principalmente en la zona norte de La Guajira, diferenciándose la equitatividad la cual mostró valores que aumentan en la medida que se alejan de la costa.
- La clasificación por medio de dendogramas de similitud y el ordenamiento por medio de un análisis multi-dimensional no mostraron una formación de grupos lo que sugiere que durante esta época existe un solo ensamblaje en toda la zona norte del Caribe colombiano.
- La correlación entre la composición y abundancia de especies con las variables físico-químicas presentaron valores de 0,3 para ambos cruceros; sin embargo, en el crucero 1205 la mejor explicación fue dada por la profundidad y en el crucero 0206 fue la combinación de 3 variables (profundidad, salinidad, tipo de sedimento) lo que indica que no son las variables ambientales medidas la principal causa de las variaciones biológicas. Lo anterior sugiere que pueden ser variables no

medidas o factores como la entrada de ríos, la surgencia, fenómenos de niño o niña, entre otras, las que determinen dicha distribución. Sin embargo, la profundidad es la variable medida con mayor influencia sobre el comportamiento de los ensamblajes.

- Después de observar el comportamiento espacial de los diferentes índices ecológicos (composición, riqueza, diversidad, dominancia, equitatividad y similaridad) se encontró que durante la época seca se presenta un ensamblaje con variaciones espaciales en sus características ecológicas, pero que éstas variaciones no parecen estar asociadas a las variables ambientales medidas.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar muestreos para cada una de las épocas climáticas, teniendo en cuenta que este trabajo estuvo limitado a una sola época (seca) por lo tanto es importante observar el comportamiento del ensamblaje en cada época.
- Realizar estudios de comportamiento del ensamblaje con otras artes de pesca, teniendo en cuenta que los peces demersales de gran tamaño no se encuentran en zonas arrastrables o no pueden ser capturadas por las redes de arrastre lo que indica un probable sesgo en los resultados del trabajo.
- Medir otras variables ambientales y otras características ecológicas (p. ej. interacciones interespecíficas) que puedan dar mayor explicación al comportamiento del ensamblaje.
- Hacer pruebas tendientes a determinar el posible efecto de la actividad antrópica en las variaciones que se dan en el ensamblaje íctico y en el ecosistema marino de la zona norte del Caribe colombiano.
- Se recomienda proteger durante la época seca la zona comprendida entre Puerto estrella y Bahía Honda debido a su importancia a nivel ecológico al presentar valores altos de diversidad y conglomerar muchas especies en esta época.



11. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-León, R., J. Aguilera-Quiñonez., C.A. Andrade-Amaya., P. Nowak. 1995. Caracterización general de la zona de surgencia en La Guajira colombiana. *Rev. Acad. Colomb.Cienc.* 19(75): 679.
- Andrade, C. A. y E. D. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. *Continental Shelf Research.* 25: 1003 – 1022.
- Anon. 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de plataforma entre Surinam y Colombia. Institute of Marine Research. NORA/UNDP/FAO Programe. Bergen, 160p.
- Arancibia, H. 1992. Dristibution patterns of the demersal fish assemblage off central Chile. *Rev. Biol. Pesq.* 21: 43-53.
- Babcock R., S. Nelly, N. Shears, J. Walker, T. Willis. 1999. Changes in community structure in temperate marine reserves. *Marine Ecology Progress Series.* Vol 189: 125-134.
- Barros, M. y L. Manjarrés. 2004. Recursos pesqueros explotados por las pesquerías artesanales marítimas del sector Taganga-La Jorará (Dpto. del Magdalena), con énfasis en peces demersales. En: Manjarrés, L. (Ed). *Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblaciones del recurso pargo.* Universidad del Magdalena, Santa Marta: 55-77.
- Bianchi, G. 1992a. Demersal assemblages of the continental shelf and upper slope of Angola. *Marine Ecology Progress Series* 81:101-120.
- Bianchi, G. 1992b. Study of the demersal assemblages of the continental shelf and upper slope off Congo and Gabon, based on the trawl surveys of the RV "Dr Fridtjof Nansen". *Marine Ecology Progress Series* 85: 9-23.
- Bianchi, G. 1992c. Demersal assemblages of tropical continental shelves. Thesis Dr. Sciant. Univ. Bergen, Noruega. 217 p.
- Blanco, J. 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta-Colombia. 59p.
- Bohnsack, J.A. 1994. Marine Reserves: They enhance fisheries, reduce conflicts, and project resources. *Naga, ICLARM* 17: 4-7.

Bohnsack, J.A. 1998. Application of marine reserves to reef fisheries management. *Australian Journal of Ecology* 23: 298 – 304.

Bohnsack, J.A. 2000. A comparison of the short-term impacts of no-take marine reserves and minimum size limits. *Bulletin of Marine Science* 66: 635-650.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment Analysis. En: N. A. Holme and A. D. McIntyre (eds.) *Methods for the study of Marine Benthos*, Blackwel: 41-45, I.

Bula, G. 1990. Oceanografía. Caribe Colombia. Fondo Financiera Eléctrica Nacional (FEN) Colombia. 1ra Edición. 265p.

CARPENTER, K. E. (ed). 2002. FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vols. 1, 3. FAO, Roma.

Castilla, J.C. y O. Defeo. 2005. Paradigm shifts needed for world fisheries. *Science* 309: 1324-1325.

Cervigón, F. 1972. Los peces. En: La Fundación La Salle Ecología Marina. Editorial DOSSAT S.A. España: 308-355.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. Lemus, R. Márquez, J. Poutiers, G. Robaina y B. Rodríguez. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. Roma. 513 p.

Christie, P., B. McCay, M. Miller, C. Lowe, A. White, R. Stoffle, D. Fluharty, L. McManus, R. Chuenpagdee, C. Pomeroy, D. Suman, B. Blount, D. Huppert, R. Villahermosa, E. Oracion, K. Lowry y R. Pollnac. 2003. Toward developing a complete understanding: A social science research agenda for marine protected areas. *Fisheries* 28: 22 – 26.

Cifuentes, j., p. Torres y m.. Frías. 1987. El océano y sus recursos. Iv las ciencias del mar: oceanografía biológica. Fondo de cultura económica, SA. DE CV. México. www.embacuba.com.ve/libros/Libros_1/ciencia2/24/html/oceano4.

Clarke, K. R. y M. Ainsworth. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92: 205 – 219. En: Rice, J. C. 2000. Evaluating fishery impacts using metrics of community structure. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 682 – 688.



Clarke, K. y Warwick. 1994. Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research. Council, UK. 144 p. En: INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura). 1997. Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica. Revista de divulgación científica y tecnológica N° RA-16. 58 p.

Clarke, K. y Warwick. 2001. Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation 2nd Edition. PRIMER-E: Plymouth. 159 p.

Colloca, F., M. Cardinale, A. Belluscio y G. Ardizzone. 2003. Pattern of distribution and diversity of demersal assemblages in the central Mediterranean sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 56: 469-480.

Correa, F. y L. Manjarrés. 2004. Recursos de peces demersales explotados por las pesquerías artesanales marítimas de La Guajira, Caribe colombiano. En:

Crisci, J. y M. Lopez. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía N°26 Serie de Biología. Secretaría General de la OEA. Washington, 132 p. En: INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura). 1997. Métodos estadísticos aplicados a la investigación biológica. Revista de divulgación científica y tecnológica N° RA-16. 58 p.

Csirke, J. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Roma. 82 p.

Cury, M. y V. Christensen. 2005. Quantitative Ecosystem Indicators for Fisheries Management. ICES Journal of Marine Science 62: 307-310.

Cury, P., L. J. Shannon, J-P. Roux, G. M. Daskalov, A. Jarre, C. L. Moloney, D. Pauly. 2005a. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 430-442.

Cury, P., C. Mullon, S.M. Garcia, L.J. Shannon. 2005b. Viability theory for an ecosystem approach to fisheries. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 577-584.

Duarte, L. y D. von Schiller. 1997. Comunidad de peces demersales del Golfo de Salamanca (Caribe colombiano): estructura espacio-temporal y caracterización trófica con énfasis en los hábitos alimenticios de *Lutjanus analis* (Cuvier, 1828), *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758), *Balistes capriscus* (Gmelin, 1788) y *Balistes vetula* (Linnaeus, 1758). Tesis de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 215p.

Echarri, L. 1998. Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Ed. Teide. 200p. www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/Principal.

Edgar G., y N. Barret. 1997. Short term monitoring of biotic change in Tasmanian marine reserves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 242 (1997).

Edgar G., y N. Barret. 1999. Effects of the declaration of marine reserves on Tasmanian reef fishes, invertebrates and plants. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 242 (1999) 107-144.

Eisma, R. D. Ocampo, B Stockwell, M. Howard. 2005. The science and politics of marine reserves: when planners raise community hopes of higher fishery yields. *MPA NEWS* Vol. 6, No. 9 April 2005.

Fairchild, G., R. Horwitz, D. Niemank, M. Boyer y D. Knorr. 1998. Spatial variation and historical change in fish communities of the Schuylkill River Drainage, Southeast Pennsylvania. *American Midland Naturalist* 139: 282-295.

FAO, 2003. The ecosystem approach to fisheries. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. No. 4, Suppl. 2. Rome, FAO. 112 p.

FIELD, J, K. CLARK Y R. WARWICK. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution pattern. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 37-52.

Fauth J., J. Bernardo, M. Camara, W. Resetarits, J. Ván Buskirk y S. McCollum. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist* 147: 282-286.

Fisher, J. and K. Frank. 2002. Changes in finfish community structure associated with an offshore fishery closed area on the Scotian Shelf. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 240: 249 – 264.

Folmer, O. y M. Pennington. 2000. A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off west Greenland. *Fish. Res.* 49: 165-178.

Gaertner J.C., N. Mazouni, R. Sabatier y B. Millet. 1999. Spatial structure and habitat association assemblages in the Gulf of Lions: A multicompartamental approach. *Marine Biology* 135: 199-208.

García, C., L. Duarte y D. Schiller. 1998. Demersal fish assemblages of the Gulf of Salamanca, Colombia (southern Caribbean Sea). *Marine Ecology Progress Series* 174: 13-25.

Garcia, S.M.y K.L. Cochrane. 2005. Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 311-318.

Godínez-Domínguez, E. y G. González-Sansón. 1999. Diversidad de macroinvertebrados de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas* 25:609-627.

Gray, C.A. y N.M. Otway. 1994. Spatial and temporal differences in assemblages of demersal fishes on the inner continental shelf off Sydney, south-eastern Australia. *Marine and Freshwater Research* 45: 665-676.

Guzmán, A., O. Solano, M. Córdoba y A. López. 2001. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (caribe colombiano). *Revista - BOLETÍN DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS*. Volume 30. 2001

Hilborn, R., K. Stokes, J. Maguire, T. Smith, L. Botsford, M. Mangel, J. Orensanz, A. Parma, J. Rice, J. Bell, K. Cochrane, S. Garcia, S. Hall, G. Kirkwood, K. Sainsbury, G. Stefansson, C. Walters. 2004. When can marine reserves improve fisheries management?. *Ocean & Coastal Management* 47 (2004) 197 – 205.

IMR (Institute of Marine Research). 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de plataforma entre Surinam y Colombia. Norad/UNDP/FAO. Programa, Bergen. 160 p. En: Manjarres, L. 1998. Caracterización ambiental, ecológica y biológico-pesquera de las asociaciones de peces demersales del caribe colombiano norte, con énfasis en pargos (Lutjanidae). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta-Colombia: 205p.

Jaureguizar, A., R. Menni, C. Lasta y R. Guerrero. 2006. Fish assemblages of the northern Argentine coastal system; spatial patterns and their temporal variations. *Fisheries Oceanography* 15: 326.

Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak y O. F. R. van Tongeren. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc – Wageningen, Den Haag. 299pp. En: Rice, J. C. 2000. Evaluating fishery impacts using metrics of community structure. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 682 – 688

Krebs, C. 2000. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Segunda edición. University Press: 753p.

Kruskal, J. B. 1964. Multi-dimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-parametric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1 – 27. En: Rice, J. C. 2000. Evaluating fishery impacts using metrics of community structure. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 682 – 688.

Labropoulou M. y C. Papaconstantinou. 2004. Community structure and diversity of demersal fish assemblages: The role of fishery. *Scientia Marina* 68 (Supl. 1): 215-226.

Link, J.S. 2002. Ecological considerations in fisheries management: When does it matter?. *Fisheries Management Feature* 27: 10-17.



Ludwig, D., R. Hilborn. y C. Walters. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: Lesson from history Science 260:17-18.

Ludwig JA & JF Reynolds. 1988. Statistical Ecology, 337 pp. John Wiley & Sons, Nueva York.

Madrid, J., A. Ruiz e I. Rosado.1998. Peces de la plataforma continental de Michoacán y sus relaciones regionales en el Pacífico mexicano. Tropical Biology 46: 267-276.

Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement Princeton: Princeton University Press.

Manjarrés, L. (Ed). 2004. Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblaciones del recurso pargo. Universidad del Magdalena, Santa Marta: 77-90.

Manjarres, L. 1998. Caracterización ambiental, ecológica y biológico-pesquera de las asociaciones de peces demersales del caribe colombiano norte, con énfasis en pargos (Lutjanidae). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Santa Marta-Colombia: 205p.

Manjarrés, L., E. Arteaga, M. Ciales, D. Rodríguez y P. Gómez. 2004. Dinámica reproductiva de los stocks de pargo rayado *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) en el área norte del Caribe colombiano. En: Manjarrés, L. (Ed). Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblaciones del recurso pargo. Universidad del Magdalena, Santa Marta: 203-215.

Margalef, R. 1992. Ecología. Editorial Planeta. Barcelona-España. 255p.

Molina, A., C. Molina, L. Giraldo, C. Parra y P. Chevillot. 1994. Dinámica marina y sus efectos sobre la Geomorfología del Golfo de Morrosquillo. Boletín Científico C.I.O.H. N° 15: 93-113.

Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. John Wiley and Sons, Inc. New York. 4th edition. 601 pp.

Paramo, J. y R. Roa. 2003. Acoustic-geostatistical assessment and habitat-abundance relations of small pelagic fish from the Colombian Caribbean. Fish. Res. 60, 309-319.

Paramo, J., R. A. Quiñones, A. Ramirez y R. Wiff. 2003. Relationship between abundance of small pelagic fishes and environmental factors in the Colombian Caribbean Sea: an analysis based on hydroacoustic information. Aquat. Liv. Res., 16 (3): 239 – 245.

- Pielou, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley, New York, 165p.
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. John Wiley, New York, 165p.
- Quintero, R. 1992. Crucero evaluación recursos demersales por el método de área barrida – Fase Caribe colombiano. Mem. VIII Sem. Nal. Cien. Tecn. Mar. Tomo II. Santa Marta: 818 – 829.
- Pujos, M., J. Pagliardini, R. Steer, G. Vernet y O. Weber. 1986. Influencia de la contra-corriente norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. Boletín Científico. CIOH, Cartagena de Indias, Colombia. 6: 3 – 15.
- RAMÍREZ, G. A. 1999. *Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá. 325 p.
- Roberts, C. 1997. Ecological advice for the global fisheries crisis. *Trends in Ecology and Evolution* 12: 35 – 38.
- Steele, J. y P. Hoagland. 2003. Are fisheries "sustainable"? *Fisheries Research* 64: 1-3.
- Tresierra, A., Z. Culquichicón. 1993. *Biología Pesquera*. Editorial Libertad. Primera edición. 432p.
- Ungaro N., C. Marano, R. Marsan, M. Martino, M. Marzano, G. Strippoli y A. Vlora. 1999. Analysis of demersal species assemblages from trawl surveys in the South Adriatic sea. *Aquatic Living Resources* 12: 177-185.
- Viaña J., J.A. Medina, M. Barros, L. Manjarrés, J. Altamar y M. Solano. 2004. Evaluación de la ictiofauna demersal extraída por la pesquería industrial de arrastre en el área norte del Caribe colombiano (enero/2000- junio/2001). En: Manjarrés, L. (Ed). *Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológicos-pesqueros y poblacionales del recurso pargo*. Universidad del Magdalena, Santa Marta: 115-154.
- Ville, C. 2003. *Biología*. 8a edición. Mc Graw-Hill. 944 p.
- Wedler, E. 1998. *Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos*. Santa Marta, Universidad del Magdalena: 388p.
- Xu, B. y X. Jin. 2005. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985-2002. *Fisheries Research* 71: 79-91.
- Yañez –Arancibia A. 1986. *Ecología de la Zona Costera: Análisis de siete tópicos*. A. G.T. Editor, S. A. México: 189p.